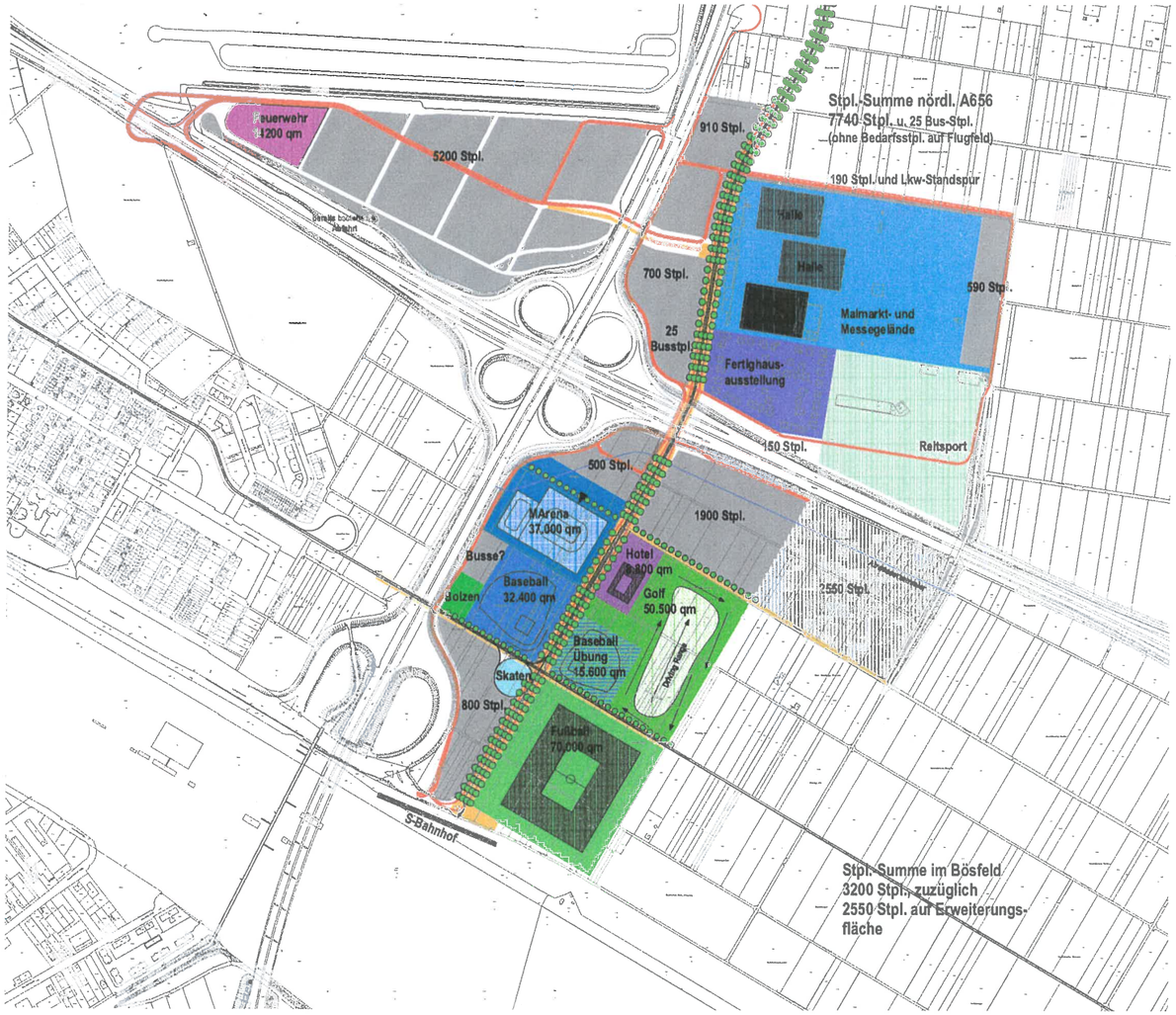
ÖKOPLANA

KLIMAÖKOLOGIE
LUFTHYGIENE
UMWELTPLANUNG

KLIMASTUDIE
MESSE- UND SPORTPARK MANNHEIM



Auftraggeber:

STADT MANNHEIM

Stadt Mannheim
Fachbereich Städtebau
Postfach 10 00 35
68133 Mannheim

Bearbeitet von:

Dipl.-Geogr. Achim Burst
Dr. Richard Seitz

unter Mitarbeit von:

Dr. Sonja Burst
Monica Haug
Meike Kasten
Dr. Wolfgang Lähne

Mannheim, den 22. November 2001

ÖKOPLANA GbR
Seckenheimer Hauptstraße 98
68239 Mannheim
Telefon: 0621/474626 · Telefax 475277
E-Mail: seitz.oekoplana@t-online.de

Geschäftsführer:
Dr. rer. nat. Richard Seitz
Dipl.-Geogr. Achim Burst

www.oekoplana.de

Deutsche Bank Mannheim
Kto.-Nr. 0 460 600
BLZ 670 700 24

Inhalt **Seite**

1. Problemstellung 1

2. Untersuchungsmethoden und Standorte der Messstationen 2

3. Darstellung der Untersuchungsergebnisse 3

3.1 Strömungsgeschehen und Ventilation 3

3.1.1 Strömungsanalyse August bis November 2001 – alle Tage 4

3.1.2 Strömungsanalyse August bis November 2001 – Strahlungstage 5

3.2 Thermische Situation und Ventilation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen - vergleichende Darstellung ausgewählter Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes 7

3.2.1 Tagesgang der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit am 23.-24.08.2001 8

3.2.2 Tagesgang der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit am 24.-25.08.2001 9

3.3 Verteilung der Lufttemperatur nach Messfahrten im Umfeld des Planungsgebietes "Messe-/Sportpark Mannheim" 10

4. Beurteilung der bioklimatischen Verhältnisse im Planungsgebiet "Messe-/Sportpark Mannheim" 12

5. Lufthygiene 13

5.1 Schadstoffkomponenten des Kraftfahrzeugverkehrs 13

5.2 Grenz- und Prüfwerte 14

5.3 Immissionsmessungen 14

6. Numerische Modellrechnungen zur Abschätzung der Auswirkungen des potenziellen Messe-/Sportparks Mannheim auf die ortsspezifische klimatische und lufthygienische Situation 16

6.1 Sportpark Bösfeld 16

6.1.1 Modifikation des Strömungsfeldes 16

6.1.1.1 Luftströmungen aus Osten 16

6.1.1.2 Luftströmungen aus Ost-Südosten 17

6.1.1.3 Luftströmungen aus Süd-Südosten 18

6.1.2 Thermische Situation 19

6.1.3 Immissionsberechnungen 20

6.2 Maimarktgelände 23

7. Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse im Umfeld des Planungsgebietes Messe-/Sportpark Mannheim und Planungsempfehlungen 24

Literatur 27

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Städtebauliches Strukturkonzept Messe-/Sportpark Mannheim - 3. Realisierungsstufe

Abb. 2: Bebauungsplan Nr. 62/10, Sportpark Bösfeld

Abb. 3: Städtebaulicher Rahmenplan Sportpark Mannheim - 1. Realisierungsstufe

Abb. 4: Standorte der Klimamessstationen

Abb. 5: Fotografische Dokumentation der Stationsstandorte

Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit, Zeitraum Mai - September 1991 - alle Tage, wärmere Jahreszeit

Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit, Zeitraum Mai - September 1991 - Strahlungstage, wärmere Jahreszeit

Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit, Zeitraum August - November 2001 - alle Tage, Tagsituation

Abb. 9: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit, Zeitraum August - November 2001 - alle Tage, Nachtsituation

Abb. 10: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit, Zeitraum August - November 2001 - Strahlungstage, Tagsituation

Abb. 11: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit, Zeitraum August - November 2001 - Strahlungstage, Nachtsituation

Abb. 12: Thermalbildaufnahme von 1999, Abend- und Morgenbefliegung

Abb. 13: Tagesgänge der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Abb. 14: Isothermenkarte 23.08.2001, 23:00 Uhr

Abb. 15: Isothermenkarte 24.08.2001, 02:00 Uhr

Abb. 16: Isothermenkarte 24.08.2001, 23:00 Uhr

Abb. 17: Isothermenkarte 25.08.2001, 05:00 Uhr

Abb. 18: Verkehrsbelastung im Umfeld des Planungsgebietes Bösfeld, Prognose ohne und mit Realisierung des Sportparks

Abb. 19: Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid

Abb. 20: Immissionsbelastung durch Benzol

Abb. 21: MArena - Planungsvarianten A und B

Abb. 22: MArena - Planungsvariante C, Gebäudeansicht mit vorgeschlagenen Bauhöhen

Abb. 23: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 24: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 25: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 26: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 27: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 28: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 29: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 30: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 31: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 32: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s - Vektordarstellung

Abb. 33: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 34: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 35: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s - Vektordarstellung

Abb. 36: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 37: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Süd-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 38: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Süd-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 39: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Süd-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 40: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Süd-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 41: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Süd-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 42: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Süd-Südost mit 1.5 m/s

Abb. 43: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 2.0 m/s, 14:00 Uhr

Abb. 44: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B/ohne Fußballstadion, potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 2.0 m/s, 14:00 Uhr

Abb. 45: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 2.0 m/s, 14:00 Uhr

Abb. 46: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C/ohne Fußballstadion, potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 2.0 m/s, 14:00 Uhr

Abb. 47: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, potenzielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 2.0 m/s, 14:00 Uhr

Abb. 48: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Ist-Zustand, potenzielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s, 22:00 Uhr

Abb. 49: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B/ohne Fußballstadion, potenzielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s, 22:00 Uhr

Abb. 50: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option B, potenzielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s, 22:00 Uhr

Abb. 51: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C/ohne Fußballstadion, potenzielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s, 22:00 Uhr

Abb. 52: Modellrechnungen im Bereich Bösfeld - Option C, potenzielle Lufttemperatur 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südost mit 1.5 m/s, 22:00 Uhr

Abb. 53: Profile der Immissionsbelastung

Abb. 54: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 55: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 56: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Plan-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 57: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Plan-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s, Vektordarstellung

Abb. 58: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Plan-Zustand, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Osten mit 1.5 m/s

Abb. 60: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Ist-Zustand, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südosten mit 1.5 m/s

Abb. 61: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Plan-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südosten mit 1.5 m/s

Abb. 62: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Plan-Zustand, Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südosten mit 1.5 m/s, Vektordarstellung

Abb. 63: Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes - Plan-Zustand, Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G., Anströmung aus Ost-Südosten mit 1.5 m/s

KLIMASTUDIE
MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

1. Problemstellung

Im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim ist im Bereich Bösfeld ein Sportpark geplant, der neben einer Multifunktionshalle (MArena) für ca. 12.000 Besucher auch Baseballanlagen, Driving-Range, Skateranlagen sowie einen Hotelbau umfasst. Als zukünftige Option ist auch der Bau eines Fußballstadions in Diskussion (siehe **Abbildungen 1 - 3**).
Zur Aufnahme des Besucherverkehrs sind mehrere Parkierungsflächen auszuweisen.

Nördlich der A 656 ist zudem der Ausbau des Maimarktes geplant (siehe **Abbildung 1**), um langfristig die Qualität des Messestandortes zu sichern. Hierzu wird an den Neubau von zwei festen Hallen gedacht (Gesamtgröße ca. 20.000 - 30.000 qm). Daneben sind Gebäude für techn. Ausstellungsdienste, Besucher-Service und Medien notwendig.

Wie die von unserem Büro 1986 und 1992 durchgeführten Klimauntersuchungen[1] belegen, ist das Planungsgebiet Teil einer südöstlichen Freiraumradialen (regionaler Grünzug), die zusammen mit dem Grünzug Nordost und dem Bereich Reißinsel/Waldpark/Rottfeld wesentliche Bedeutung für die günstige Gestaltung des Klimageschehens der Kernstadt besitzt.

Im südöstlichen Freiraum, bestehend aus Flugplatz, Mühlfeld/Niederfeld, Bösfeld und Kloppenheimer Feld, ergeben sich ganztägig klimaökologische Positiveffekte in Form von intensiver Ventilation, Lufterneuerung und Dämpfung bioklimatischer Belastungen (Schwüle- und Wärmebelastung), die je nach vorherrschender Strömungssituation (abhängig von der Großwetterlage) u.a. auch den Bereichen Neuhermsheim, Mallau und Casterfeld, Neckarau-Ost, Schwetzingerstadt/Oststadt, Neuostheim zugute kommen. Dabei ist die Leistungsfähigkeit des südöstlichen Freiraumes in hohem Maße auf seine Vernetzung mit den klimaökologischen Ausgleichsräumen Dossenwald und Mittelfeld/Niederfeld zurückzuführen.

Im Zuge der geplanten Flächenutzungsänderung ist daher darauf zu achten, dass die Funktionsfähigkeit der klimaökologischen Positiveffekte weitgehend erhalten bleibt.

Voraussetzung für eine vertiefende Analyse der klimaökologischen Situation in den Planungsgebieten Bösfeld und Maimarktgelände sind ortsspezifische klimaökologische Grundlagendaten und Erkenntnisse, aus welchen stadtentwicklungsrelevante bauliche und grünordnerische Planungsmaßnahmen abzuleiten sind, die dazu beitragen können, negative Folgeerscheinungen auf das örtliche Klimageschehen im näheren Planungsumfeld und über dieses hinaus in Neuhermsheim und Neuostheim auszuschließen bzw. weitestgehend zu reduzieren.

Aufgrund der seit 1992 fortgeschrittenen Nutzungsänderungen im Bereich Neuhermsheim, wurden im Interesse einer fachlich fundierten Beurteilung der konkretisierten Planung die bereits vorliegenden Daten durch zusätzliche kleinräumige Messungen des ortsspezifischen thermischen Geschehens und des Windfeldes weiter vertieft.

Zur Ermittlung der erforderlichen kleinräumigen Daten wurden mit Hilfe von fünf festen Klimamessstationen über einen Zeitraum von drei Monaten (August - November 2001) die Parameter Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Windgeschwindigkeit erfasst. Mobile Messungen zur flächenhaften Aufnahme der ortsspezifischen thermischen Situation und des Strömungsgeschehens ergänzten das Messprogramm.

Damit stehen für den Untersuchungsraum Informationen zum kleinräumigen Ventilationsgeschehen sowie zu den Auswirkungen der örtlichen Kaltluftentstehung und des lokalen/regionalen Strömungsgeschehens als wesentliche klimaökologische Wirkungsmechanismen für die verschiedensten Wetterlagen und Tageszeiten zur Verfügung.
Neben den kontinuierlichen Messungen wurden Temperaturmessfahrten und Rauchpatronenversuche durchgeführt, um die flächennutzungsspezifische Modifikation des Temperatur- und Windfeldes kleinräumig zu analysieren.

Für die Beurteilung der ortsspezifischen klimaökologischen Funktionsabläufe kommt der Verteilung der Lufttemperatur neben dem Strömungsgeschehen wesentliche Bedeutung zu, da dieser Klimaparameter ein Indiz für die Wirkungsweise sowohl des lokalen als auch des regionalen Luftaustausches ist. Durch die Erfassung der flächenhaften Lufttemperaturverteilung werden kleinräumige Austauschbewegungen sowie positive bzw. negative Auswirkungen der Flächennutzung auf die Kaltluftentstehung und den bodennäheren Luftaustausch erkennbar.

- Welche Intensität erreicht die städtische Überwärmung im Untersuchungsgebiet ?
- Welche thermischen Positiveffekte gehen derzeit vom Planungsgebiet "Messe-/Sportpark Mannheim " aus ?
- Gibt es planerische Möglichkeiten, negative Folgeerscheinungen - die klimaökologischen Funktionsabläufe betreffend - mit Hilfe klimarelevanter Maßnahmen zu vermeiden oder auszugleichen ?
- Welche Bauweise wirkt sich günstig aus (Dichte, Höhe, Stellung der Gebäude, Ausdehnung der Freiflächen) ?

[1] ÖKOPLANA (1986): Klimaökologische Untersuchung Mannheim-Südost. Mannheim.
ÖKOPLANA (1992): Klimaökologische Analyse im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim. Mannheim

Ziel des Gutachtens ist es,

a) vertiefende Grundlagendaten bzw. daraus abgeleitete Erkenntnisse zur Berücksichtigung klimaökologischer Belange in der Planung bereitzustellen,

b) die sich mit zunehmender Bebauung möglicherweise einstellenden klimaökologischen Beeinträchtigungen aufzuzeigen und diese durch gezielte Planungsvorschläge zu reduzieren bzw. auf mögliche Ausgleichs- und Verbesserungsmaßnahmen innerhalb und außerhalb der geplanten Bebauung hinzuweisen.

2. Untersuchungsmethoden und Standorte der Messstationen

Zur Erfassung ausgewählter Klimaparameter wurden folgende Messverfahren angewandt:

- Im Untersuchungszeitraum August bis November 2001 registrierten fünf feste Messstationen (siehe **Abbildungen 4, 5**) kontinuierlich Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Die Stationen wurden unter Berücksichtigung der bestehenden und geplanten Flächennutzung eingerichtet, so dass sich für kleinräumige Teilbereiche des Planungsumfeldes Aussagen machen lassen.

- Mit Hilfe von Rauchpatronenversuchen wurden Strömungsverlauf und Intensität überregionaler, regionaler und lokaler Luftströmungen bodennah ermittelt.

- Mit Hilfe mobiler Einrichtungen (Messfahrten) wurde die ortsspezifische Verteilung der Lufttemperatur erfasst. Mit dieser Methode lassen sich sowohl kleinräumige als auch flächenhafte Aussagen erarbeiten.

Messstationen:

Station 1 **Xaver-Fuhr-Straße** [96 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 9 m ü.G.
Lufttemperatur, rel. Feuchte: 2.5 m ü.G.
Die Station befindet sich nördlich des Maimarktgeländes an der Xaver-Fuhr-Straße und beschreibt das Klimageschehen im Freiraum zwischen Maimarktgelände und dem Gewerbegebiet Mühlfeld.

Station 2 **Neuhermsheim-W** [99 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 8 m ü.G.
Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.
Der Standort Neuhermsheim-West dient zur Dokumentation des kleinräumigen Klimageschehens in nordwestlicher Verlängerung des klimaökologischen Ausgleichsraumes Harrlach-Gärten.

Station 3 **Neuhermsheim-E** [93 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 9 m ü.G.
Lufttemperatur, rel. Feuchte: 2.5 m ü.G.
Der Standort Neuhermsheim-Ost beschreibt das Klimageschehen am Übergang Freiland/Bebauung zwischen B 38a und Neuhermsheim.

Station 4 **Kloppenheimer Feld** [94 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 9 m ü.G.
Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.
Die Station befindet sich im Gewann "Hermsheimer Kirche" und dient zur Analyse der thermischen Situation und des Ventilationsgeschehens im südöstlichen Freiraum zwischen Neuhermsheim und Hochstätt.

Station 5 **Soldnerstraße** [94 m ü.NN]
Höhe des Windgebers: 9 m ü.G.
Lufttemperatur: 2.5 m ü.G.
Der Standort Soldnerstraße im Gewerbegebiet Mallau dokumentiert die klimaökologischen Funktionsabläufe südlich des Rangierbahnhofes. Ein Vergleich mit den anderen Stationen verdeutlicht u.a. die klimaökologische Relevanz von Freiflächen für das Ventilationsgeschehen und den Einfluss der Flächennutzung auf die ortsspezifische thermische Situation.

Der vorliegende Bericht basiert auf den Daten der Monate August bis November 2001. Die Daten wurden als Halbstundenmittel der Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur statistisch ausgewertet. Als weitere Datengrundlage dienten die Ergebnisse der Untersuchungen von 1992.

3. Darstellung der Untersuchungsergebnisse

3.1. Strömungsgeschehen und Ventilation

Zur Beurteilung des lokalen Strömungsgeschehens im Umfeld der geplanten Neubebauung "Messe- und Sportpark Mannheim" wurden neben einer Betrachtung des Gesamtzeitraumes die klimaökologisch relevanten Strahlungstage für den Zeitraum August bis November 2001 statistisch ausgewertet, analysiert und für die einzelnen Stationsstandorte in Form von Windrosen dargestellt. Zudem wurde auf die Daten der Klimauntersuchung von 1992 zurückgegriffen.

Die Erfassung des lokalen/regionalen Strömungsgeschehens ist zur Beurteilung der bioklimatischen und lufthygienischen Situation notwendig, da neben der thermischen Situation vor allem das ortsspezifische Ventilationsgeschehen die Auftretenshäufigkeit u.a. von Schwüle und erhöhten Immissionsbelastungen wesentlich mitbestimmt.

Die Windverteilung in Mannheim ist durch die großäumige Leitlinienwirkung des Rheingrabens geprägt. Im Südosten des Stadtgebietes wirken sich ortsspezifische Lokalströmungen aus, die ihre Entstehung thermischen Effekten und der kleinräumigen Leitlinienwirkung der Bebauung verdanken.
Ausgeprägte Temperaturunterschiede zwischen Freiland und Bebauung begünstigen im Verlauf windschwacher Strahlungswetterlagen die Entstehung lokaler Luftströmungen, die sich als messbare Strömungen über kühleren Freiräumen zu den Zentren der Überwärmung entwickeln. Die Intensität dieser Lokalströmungen ist einerseits vom Temperaturunterschied Freiland - Bebauung (Druckausgleich zwischen bodennah höherem Luftdruck des kühleren Freilandes und niedrigerem Luftdruck der wärmeren Bebauung) und andererseits von der Oberflächenbeschaffenheit (Bodenrauhigkeit) des Entstehungsgebietes abhängig.
Für das Stadtgebiet Mannheim sind derartige Lokalströmungen hinsichtlich der thermisch/lufthygienischen Gegebenheiten von Bedeutung. Die Mächtigkeit dieser Ausgleichsströmungen schwankt zwischen wenigen Metern und mehreren Dekametern. Die meist schubartigen Strömungen erreichen Geschwindigkeiten von ca. 0.5 - 1.5 m/s. Wirken diese Lokalströmungen mit Regionalströmungen größerer Reichweite oder wetterlagenbedingten Luftströmungen geringer Geschwindigkeit zusammen, so kommt es zu einer Intensivierung des Luftaustausches im Bereich der Bebauung.

Das Ventilationsgeschehen im Untersuchungsgebiet wird wesentlich durch lokal/regional angelegte Strömungen aus nordöstlichen bis südöstlichen Richtungen sowie durch die Bebauung bzw. das Kleinrelief geprägt. Markanteste Erscheinung ist dabei der tagesperiodische Wechsel der Windrichtung, vor allem an Tagen mit erhöhtem Strahlungseinfluss.

Die **Abbildungen 6** und **7** vermitteln einen ersten Eindruck von der Struktur und Komplexität des bodennahen Strömungsgeschehens im Südosten von Mannheim[2].

Abbildung 6[3]: Das großräumige Strömungsgeschehen wird durch die Freilandstationen (z.B. Stationen *Flugplatz* und *Hochstätt*) charakterisiert. Anhand des Datenkollektivs "alle Tage im Sommer 1991" erkennt man deutlich zwei tagsüber vorherrschende Windrichtungen. Ca. 39% der am Tag gemessenen Windrichtungen wurden in den südlichen bis südwestlich Sektoren gemessen. Als Sekundärmaximum traten nördliche bis nordwestliche Luftströmungen auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug ca. 3.3 m/s, was die klimaökologische Positivwirkung größerer Freiräume (Flugplatz, Kloppenheimer Feld) unterstreicht. Innerhalb der Bebauung (Station *Mallau*[4]) ist die bodennahe Windgeschwindigkeit am Tag gegenüber dem Freiland aufgrund der größeren Bodenrauhigkeit um ca. 25% reduziert.

In den Nachtstunden häufen sich an allen Stationsstandorten zunehmend südöstliche Windrichtungen, die auf rheingrabenspezifische Regionalströmungen (vorwiegend an Strahlungstagen) zurückzuführen sind. Auch hier zeigt sich wiederum die ventilationsfördernde Wirkung größerer Freiräume. Während im Gewerbegebiet Mallau in der Nacht mittlere Windgeschwindigkeiten von 1.9 m/s registriert wurden, erreichten die Winde an den Standorten *Flugplatz* und *Hochstätt* Werte bis ca. 2.3 m/s.

Die Windrichtungsverteilungen an sommerlichen Strahlungstagen (**Abbildung 7**) dokumentieren, dass sich die Belüftung des südöstlichen Stadtgebietes häufig über nordöstliche und südöstliche Richtungen vollzieht, wobei die über den Dossenwald und das Kloppenheimer Feld/Bösfeld sowie das Niederfeld zuströmende Kalt-/Frischluft über die Freiflächen des Flugplatzgeländes und die Harrlach-Gärten bis in die Schwetzingerstadt/Oststadt gelangt und dort zum Abbau bioklimatischer und lufthygienischer Belastungen beiträgt. Vergleichbare Funktionsabläufe vollziehen sich über den Grünzug Nord-Ost, wobei sich allerdings ortsspezifisch bedingte Unterschiede der Strömungsrichtungen ergeben.

Die Bedeutung der Freiräume im Bereich Bösfeld/Maimarktgelände liegt demnach (zusammen mit dem östlich anschließenden Freiland) in ihrer Funktion als klimaökologischer Meliorationsraum, über den sich für die angrenzende Bebauung Positiveffekte ergeben. Den Abmessungen der geplanten Baukörper und der internen Flächennutzung und Freiraumgestaltung kommt daher eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu, da bei ausgeprägten gebäudebedingten Luv- und Lee-Effekten die Ventilationsfunktion der Ausgleichsräume abgeschwächt werden kann.

---

2 aus: ÖKOPLANA (1992): Klimaökologische Analyse im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim. Mannheim

3 Die einzelnen Teilkreise entsprechen Häufigkeiten der Windrichtung (Halbstundenmittelwerte) von 5, 10, 15% usw., dabei deuten die Teilstriche der Windrose in die Richtung, aus welcher der Wind weht (Teilstrich nach oben entspricht einem Nordwind, nach rechts einem Ostwind). Als weitere Information wurden die mittleren Windgeschwindigkeiten für die 1. und 2. Tageshälfte bzw. 1. und 2. Nachthälfte dargestellt.

4 Das Gewerbegebiet Mallau war zum Zeitpunkt der Messungen erst z.T. bebaut.

3.1.1 Strömungsanalyse August bis November 2001 - alle Tage

Ausgehend von den 3-monatigen Daten der kontinuierlich registrierenden Messstationen wird nachfolgend die Windrichtungsverteilung in Abhängigkeit von der Stationslage dargestellt.

Dazu wurde aus den Halbstundenmitteln des Untersuchungszeitraumes für jede Station die prozentuale Häufigkeit der Windrichtungen berechnet und in Windrosen für jeweils 30-Grad Sektoren getrennt für Tages- und Nachtstunden in den **Abbildungen 7 - 11** dargestellt. Auf diese Weise lässt sich die zeitliche Zuordnung bestimmter Windrichtungshäufigkeiten und die zwischen den einzelnen Stationen unterschiedliche Verteilung beurteilen.

Die **Abbildungen 8** und **9** geben die Richtungsverteilung für den Zeitraum August - November 2001 (alle Tage) wieder. In diesen Darstellungen sind sowohl lokalklimatisch relevante Strahlungstage als auch Nichtstrahlungstage (bei Nichtstrahlungstagen wird das Klimageschehen vorwiegend advektiv, d.h. von großräumigen Effekten bestimmt) zusammengefasst.

Die für Fragen der Stadtplanung bedeutsamen lokal- bzw. regionalklimatisch bedingten Effekte werden durch gezieltere Auswertungen verdeutlicht, wie dies in dem darauffolgenden Kapitel der Fall ist.

Während der Tagstunden ist das Strömungsgeschehen weitgehend von der vorherrschenden Großwetterlage, der Stationslage und deren Umgebung (Flächennutzung, Art der Bebauung, Lage im Stadtgebiet) abhängig. Innerhalb der Bebauung und im Nahbereich dichter, höherer Vegetation wird die Windgeschwindigkeit aufgrund der erhöhten Oberflächenrauhigkeit reduziert und es kommt durch Umlenkungen und Leitlinieneffekte teilweise zu Richtungsänderungen gegenüber der vorherrschenden Höhenströmung.

In den Nachtstunden führen Lokal- bzw. Regionalströmungen zur weiteren Differenzierung des städtischen Windfeldes.

Die Station *Xaver-Fuhr-Straße [1]* dient zur Beschreibung des Ventilationsgeschehens zwischen Maimarktgelände und dem Gewerbegebiet Mühlfeld.
41% der am Tag gemessenen Windrichtungen werden in den südlichen bis südwestlichen Sektoren mit mittleren Geschwindigkeiten von 2.5 - 3.1 m/s registriert. Als Sekundärmaximum treten mit einer Häufigkeit von ca. 25% südöstliche Luftströmungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten von 1.5 - 2.1 m/s auf. Das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit liegt bei 2.8 m/s. Die mittlere Windgeschwindigkeit von über 2.5 m/s belegt eine intensive Ventilation des Freiraumes Mühlfeld und des westlich angrenzenden Flugplatzgeländes.
In der Nacht sinkt der Anteil südwestlicher Luftströmungen zugunsten südöstlicher Winde, wobei eine deutliche Abschwächung der mittleren Windgeschwindigkeit zu verzeichnen ist (siehe **Tabelle 1**).

Vergleichbare Ergebnisse zeigt die Station *Kloppenheimer Feld [4]* nordwestlich des Stadtteils Hochstätt. Auch hier zeigt sich am Tag der großwetterlagenbedingte Einfluss der vorherrschenden Höhenströmung, wobei im vorliegenden Datenkollektiv ebenfalls südwestliche und südöstliche Luftströmungen überwiegen. Die mittlere Windgeschwindigkeit (bezogen auf 9 m ü.G.) erreicht an diesem Stationsstandort einen Wert von 3.2 m/s, was die Funktion des Freiraumes als Ventilations- und Belüftungsbahn unterstreicht.
Nach Sonnenuntergang ist das Ventilationsgeschehen aufgrund zunehmend stabiler werdender Luftschichtung reduziert. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt noch 2.1 m/s.

Die Station *Neuhermsheim-E [3]* befindet sich im Freiraum zwischen B 38a und Neuhermsheim.
Die Tageswindrose verdeutlicht die Leitlinien- und Hindernisfunktion der dammartig verlaufenden B 38a - Trasse. Südöstliche Luftströmungen werden vermehrt zu südwestlichen Richtungen umgelenkt, was mit einer Reduzierung der mittleren Windgeschwindigkeit einhergeht. Gegenüber der Station *Xaver-Fuhr-Straße [1]* ist die mittlere Windgeschwindigkeit am Tag um ca. 10% abgeschwächt.

Auch nach Sonnenuntergang zeigt sich bei südöstlichen Anströmungen noch die Hinderniswirkung des Straßendammes. Bei südöstlichen Anströmungen ist die mittlere Windgeschwindigkeit gegenüber dem Standort *Xaver-Fuhr-Straße [1]* um ca. 40% vermindert.

Auffallend abgeschwächt ist das Ventilationsgeschehen im Gewerbegebiet Mallau (Station *Soldnerstraße [5]*) und am Stationsstandort *Neuhermsheim-W [2]*. Im Bereich des Gewerbegebietes und im Nordwesten von Neuhermsheim werden am Tag Windgeschwindigkeitsmittel von 2.2 m/s registriert. Hier bewirkt die südlich vorgelagerte Bebauung eine Abschwächung der bodennahen Ventilation.
Nach Sonnenuntergang häufen sich auch hier südöstliche Luftströmungen, die auf den Einfluss der rheingrabenspezifischen Regionalströmung bzw. den lokal angelegten Luftaustauschbewegungen zwischen Freiland und Kernstadt zurückzuführen sind. Sie unterstreichen die funktionelle Beziehung zwischen Freiland und Bebauung.

Vergleicht man zusammenfassend nochmals die über alle Windrichtungen gemittelten Windgeschwindigkeiten der einzelnen Messstationen, so erhält man einen Eindruck vom standortspezifischen Einfluss des Stationsumfeldes (s. **Tabelle 1**).
Über den Gesamtzeitraum und Gesamttag gemittelt, ergibt sich für den 0-23 Uhr-Mittelwert an den Messstationen *Neuhermsheim-W [2]* und *Neuhermsheim-E [3]* gegenüber der freiexponierten Station *Kloppenheimer Feld [4]* eine Geschwindigkeitsreduktion von ca. 34% bzw. 19%, an der Messstation *Xaver-Fuhr-Str. [1]* von 15% und an der Messstation *Soldnerstraße [5]* von 34%. Die positive Wirkung der Freiräume zwischen Neuhermsheim und Hochstätt auf das ortsspezifische Ventilationsgeschehen innerhalb des Planungsgebietes und der bestehenden Bebauung wird deutlich.

Tabelle 1: *Mittlere Windgeschwindigkeiten (m/s) für die Stationsstandorte getrennt nach 1. und 2. Tageshälfte sowie 1. und 2. Nachthälfte - alle Tage*

Station	1. TH, 7-12 Uhr	2. TH, 13-18 Uhr	1. NH, 19-23 Uhr	2. NH, 0-6 Uhr	Mittel, 0-23 Uhr
Xaver-Fuhr-Str. [1]	2.7	2.9	1.8	1.8	2.3
Neuhermsheim-W [2]	2.1	2.3	1.4	1.4	1.8
Neuhermsheim-E [3]	2.5	2.8	1.5	1.5	2.2
Kloppenheimer Feld [4]	3.1	3.3	2.1	2.2	2.7
Soldnerstr. [5]	2.1	2.4	1.4	1.4	1.8

3.1.2 Strömungsanalyse August bis November 2001 - Strahlungstage

Die **Abbildungen 10** und **11** beschreiben die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen bei klimaökologisch relevanten sommerlichen Strahlungstagen[5].

Im Verlauf von sommerlichen Strahlungstagen (Häufigkeit: ca. 20% der Tage im Untersuchungszeitraum August bis November 2001) kommt es am Tag infolge intensiver Sonneneinstrahlung zu starker Erwärmung und in der Nacht durch ungehinderte Ausstrahlung der Oberflächen zu starker Abkühlung der bodennahen Luftschichten mit intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen. Derartige Wetterlagen sind oft windschwach, wobei nächtliche Bodeninversionen entstehen, d.h. die Luft ist stabil geschichtet, der vertikale Luftaustausch ist behindert oder weitgehend unterbunden. Das Ventilationsgeschehen wird vermehrt von Regional- und Lokalströmungen bestimmt.
Das mesoskalige (regionale) Strömungsgeschehen wird durch die sich zwischen Odenwald bzw. Haardt und Rheingraben bildenden Ausgleichsströmungen initiiert und abseits der näheren Hang- und Talmündungsbereiche zunehmend von den klimaökologischen Wechselbeziehungen zwischen größeren Freiräumen und der Bebauung modifiziert.

Zum besseren Verständnis der klimaökologischen Wirkungsweise lokaler und regionaler Luftströmungen werden nachfolgend die Begriffe Ventilation, Durchlüftung und Belüftung näher definiert.

Unter dem Begriff **Ventilation** sind Vorgänge des Luftaustausches und der Frischluftzufuhr zu verstehen, die zum Abbau von bioklimatischen und lufthygienischen Belastungen beitragen. Dies geschieht aufgrund des Austausches oder der Durchmischung der mit negativen lokalen Eigenschaften behafteten Luftmassen sowohl durch solche, die auf dem Wege der Großzirkulation herangeführt, als auch durch solche, die über klimaökologische Ausgleichsräume (z.B. vegetationsbedeckte Freiräume) herangeführt werden oder diesen ihre Entstehung verdanken.
Für den Grad der Ventilation sind die Windgeschwindigkeit und die Luftschichtung von Bedeutung. Untersuchungen über die Verteilung von Schadstoffen im Bereich von Siedlungen zeigen, dass mit einer ausreichenden weiträumigen Durchlüftung innerhalb der Bebauung erst bei Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s zu rechnen ist, wohingegen Luftströmungen unter 2.0 m/s zwar in die Bebauung eindringen, dort je nach Bebauungsdichte auch bis zum Boden durchgreifen, aber die mit lokalen Eigenschaften behaftete Luft nicht ausräumen können, weshalb in diesem Falle von Belüftung zu sprechen ist.

Werden mit der Windgeschwindigkeit auch die Schichtungsverhältnisse berücksichtigt, so ergibt sich folgender Sachverhalt:

Durchlüftung ist der völlige Austausch lokaler Luftmassen durch reinere Luftmassen der höheren Atmosphäre, zurückzuführen auf Luftströmungen höherer Geschwindigkeit, die bis zum Boden durchgreifen. In kürzester Zeit können auf diese Weise lokal belastete Luftmassen durch Frischluft ersetzt werden. Voraussetzung ist vorwiegend indifferente bis labile Luftschichtung.

Belüftung ist die Durchmischung und horizontale Verlagerung lokal belasteter Luftmassen durch über klimaökologische Ausgleichsräume zuströmende Luftmassen geringerer Geschwindigkeit.
Der völlige Austausch lokal belasteter Luft kann nicht oder nur über einen längeren Zeitraum hinweg vonstattengehen. Die Wirksamkeit ist lokal begrenzt. Voraussetzung ist vorwiegend indifferente bis stabile Luftschichtung (z.B. Bodeninversionen und abgehobene Inversionen).

Durch ein hohes städtisches Energiepotential kann im Zuge stabiler Luftschichtung eine räumlich begrenzte vertikale Durchmischung und ein räumlich begrenzter horizontaler Luftaustausch zwischen Freiland und Bebauung erfolgen.

Den Richtungsverteilungen und Windgeschwindigkeitsmitteln an der Station *Kloppenheimer Feld [4]* - **Abbildungen 10** und **11** - ist zu entnehmen, dass in freiexponierten Lagen am Tag vorwiegend der vorherrschende Gradientwind das ortsspezifische Ventilationsgeschehen bestimmt. Im Verlauf der im Untersuchungszeitraum August bis November 2001 aufgetretenen lokalklimatisch relevanten Strahlungstage wurden am Tag überwiegend südwestliche bis südöstliche Luftströmungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten bis 3.2 m/s aufgezeichnet. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s (Durchlüftung möglich) traten zu ca. 18% der Tagstunden auf.
Nach Sonnenuntergang nimmt die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ab und die Häufigkeit nordöstlicher und südöstlicher Richtungssektoren steigt an, was vorwiegend auf regional/lokal angelegte Effekte zurückzuführen ist. Es dominieren durchschnittliche Windgeschwindigkeiten unter 1.5 m/s (Belüftung) - ca. 83%. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s werden nur zu ca. 2% der Nachtstunden registriert.

[5] Strahlungstag - Gesamtbedeckungsgrad im Mittel aller Stunden des Gesamttages ≤ 2/8. Während der Nacht sollte der Gesamtbedeckungsgrad von 4/8 nicht überschritten werden. Am Tag treten nur bis zu 3 Stunden thermisch induzierte Quellwolken bis zu einem Gesamtbedeckungsgrad von 6/8 auf. Der Tag sollte allgemein windschwach sein.

Im Freiraum Mühlfeld (Station *Xaver-Fuhr-Straße [1]*) zwischen Gewerbegebiet Mühlfeld und Maimarktgelände ergibt sich am Tag ein weitgehend vergleichbares Verteilungsbild der Windrichtungshäufigkeiten. Die gegenüber der Station *Kloppenheimer Feld [4]* größere Häufigkeit östlicher Richtungssektoren ist auf die Leitlinienwirkung der Bebauung (Gewerbegebiet Mühlfeld, Maimarktgelände) zurückzuführen. Die mittlere Windgeschwindigkeit ist gegenüber der Freilandstation *Kloppenheimer Feld [1]* um 12% abgeschwächt. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s, die für eine intensive Durchlüftung des Planungsgebietes sorgen, werden zu 12% der Tagstunden registriert.
Nach Sonnenuntergang dominieren zunehmend auf die Kernstadt zugerichtete südöstliche bis östliche Luftströmungen. Die regional initiierten Winde erreichen im Bereich des Gewanns "Beim Mühlfeld" mittlere Windgeschwindigkeiten bis 1.1 m/s (9 m ü.G.). Windstillen, d.h. Kaltluftstagnation, sind nur äußerst selten registriert und belegen somit die hohe klimaökologische Bedeutung und Funktionsfähigkeit (Kalt- und Frischluftzufuhr, Ventilationseffekte) des Freiraumes für die angrenzende Bebauung.

An der Station *Neuhermsheim-E [3]* westlich der B 38a erreichen die Südost-Winde in der Nacht noch mittlere Geschwindigkeiten von 0.6 bis 0.9 m/s. Die über das Bösfeld zuströmende bodennahe Kaltluft sickert nur langsam in die angrenzende Bebauung ein. Der dammartige Verlauf der B 38a bzw. die kammerartige Lagesituation zwischen Straßendamm und Bebauung führt vermehrt zu Stagnationserscheinungen.

Die vertikal mehrere Dekameter mächtige südöstliche Regionalströmung bestimmt nach Sonnenuntergang auch das Ventilationsgeschehen am Stationsstandort *Neuhermsheim-W [2]* in nordwestlicher Verlängerung der Harrlach-Gärten. Die südwestlich vorgelagerte Bebauung von Neuhermsheim sowie die höhere Vegetation im Bereich der Kleingärten bewirken eine weitere Abschwächung der Belüftung, was auf die Empfindlichkeit des südöstlichen Strömungssystems gegenüber derartigen Strömungshindernissen hinweist. Mittlere Windgeschwindigkeiten über 1.5 m/s werden in der Nacht nur noch zu 5% der Stunden gemessen (Station *Neuhermsheim-E [3]:* 10%).

Innerhalb des Gewerbegebietes Mallau (Station *Soldnerstraße [5]*) ist die Ventilation sowohl am Tag als auch in der Nacht gegenüber dem Freiraum zwischen Rangierbahnhof und Gewerbegebiet Mühlfeld auffallend reduziert. Die Oberflächenrauhigkeit der Bebauung bewirkt eine Windabschwächung, so dass am Tag die mittlere Windgeschwindigkeit gegenüber der Station *Kloppenheimer Feld [1]* um ca. 20% reduziert ist. Windgeschwindigkeiten über 3.0 m/s werden nur zu ca. 9% der Tagstunden gemessen (Station *Kloppenheimer Feld [1]:* 18% der Tagstunden), so dass sich an Sommertagen vermehrt bioklimatische Belastungen einstellen können.

In den Nachtstunden ist mit abnehmender Windgeschwindigkeit (Windgeschwindigkeitsmittel 0.8 m/s) eine mit dem nördlich angrenzenden Freiland vergleichbare Richtungshäufigkeit zu beobachten. Die südöstliche Regionalströmung bestimmt wesentlich die bioklimatische/lufthygienische Situation innerhalb des Gewerbegebietes, wobei Südost-Nordwest verlaufende Straßenzüge (z.B. Mallaustraße) als Ventilationsbahnen fungieren.

Die in **Tabelle 2** aufgeführten, über alle Windrichtungen gemittelten Windgeschwindigkeiten der einzelnen Messstationen, vermitteln einen Eindruck vom standortspezifischen Einfluss des Stationsumfeldes.

Tabelle 2: *Mittlere Windgeschwindigkeiten (m/s) für die Stationsstandorte getrennt nach 1. und 2. Tageshälfte sowie 1. und 2. Nachthälfte - Strahlungstage*

Station	1. TH, 7-12 Uhr	2. TH, 13-18 Uhr	1. NH, 19-23 Uhr	2. NH, 0-6 Uhr	Mittel, 0-23 Uhr
Xaver-Fuhr-Str. [1]	1.6	2.1	0.9	0.9	1.4
Neuhermsheim-W [2]	1.3	1.7	0.6	0.6	1.1
Neuhermsheim-E [3]	1.5	2.1	0.7	0.7	1.2
Kloppenheimer Feld [4]	1.8	2.4	1.0	0.9	1.5
Soldnerstr. [5]	1.5	2.0	0.8	0.8	1.3

3.2 Thermische Situation und Ventilation bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen - vergleichende Darstellung ausgewählter Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes

Das Verhalten der Lufttemperatur in Abhängigkeit von Geländerelief, Flächennutzung und Strömungsgeschehen ist ein Indiz für die Funktion des horizontalen und vertikalen Luftaustausches.
Zur Beurteilung der Temperaturverteilung und des lokalen, kleinräumigen Strömungsgeschehens in den nicht durch feste Messstationen abgedeckten Bereichen des Untersuchungsgebietes erfolgten Temperaturmessfahrten, in deren Verlauf die Lufttemperatur kontinuierlich registriert wurde. Auf die Ergebnisse wird in Kap. 3.3 näher eingegangen.

Bei klimaökologisch relevanten Strahlungswetterlagen (ca. 25-30% der Tage im Jahr) ergeben sich im Untersuchungsraum kleinräumige Differenzierungen. Typisch für diese Situationen ist, dass sich in der Bebauung verminderte Ventilation (→ Tendenz zu lufthygienischen Belastungen) und durch die Aufheizung von Baukörpern und befestigten Flächen starke Erwärmung und Wärmestaus (→ Tendenz zu bioklimatischen Belastungen) einstellen. Nach Sonnenuntergang kommt es innerhalb der Bebauung zu verzögerter Abkühlung, im Freiland hingegen zu intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen und zur Ausbildung stabiler Luftschichtung (Bodeninversionen).

Sowohl bei Tag als auch verstärkt in der Nacht stellen sich relief- und flächennutzungsbedingt Temperaturunterschiede ein, wobei zur Zeit der nächtlichen Abkühlungsphase im Planungsgebiet und dessen Umfeld zwischen kühlsten und wärmsten Bereichen im Zeitraum August bis November 2001 Temperaturunterschiede bis ca. 3.5°C auftraten. Zwischen dem Planungsgebiet Bösfeld und der Bebauung Neuhermsheim wurden Lufttemperaturunterschiede bis ca. 2.0°C registriert (siehe Isothermenkarten).

Die thermische Situation und das Ventilationsgeschehen im Umfeld des Planungsgebietes "Messe- und Sportpark Mannheim" wird bei austauscharmen Strahlungswetterlagen sowohl durch die Lagebeziehung zu den Ackerflächen östlich der Xaver-Fuhr-Straße als auch durch die Flächennutzung bzw. durch die innerhalb der Bebauung graduell unterschiedlich wirksamen Lokal- bzw. Regionalströmungen bestimmt.

Zur Verdeutlichung der klimaökologischen Funktionsabläufe wird zunächst ein Ausschnitt der Thermalkartierung Mannheim von 2000 dargestellt. Sie vermittelt einen Eindruck vom thermischen Verhalten der unterschiedlichen Flächennutzungsstrukturen im Planungsumfeld.

Zur vertiefenden Analyse der ortsspezifischen Situation erfolgt anschließend eine Diskussion ausgewählter Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes.

Aus den Tagesgängen lässt sich das ortsspezifische Verhalten von Lufttemperatur und Strömungsgeschehen entnehmen, wobei die ventilationsfördernde Wirkung der lokalen/regionalen Luftströmungen im Freiland und in der Bebauung offenbar wird.

Thermalkartierung Mannheim 2000

Abbildung 12 verdeutlicht das unterschiedliche Temperaturverhalten verschiedener Flächennutzungsstrukturen anhand von Ergebnissen der Abend- und Morgenbefliegung.

[Die Temperaturspanne reicht von dunkelrot (> 23 °C) über gelb und grün bis dunkelblau (< 10°C)]

Im allgemeinen sind Temperaturanomalien (vom Mittel abweichendes Temperaturverhalten) an bestimmte Flächennutzungsstrukturen gebunden, die mit ihrem spezifischen thermischen Verhalten den Wärmegehalt der unteren Luftmassen ändern. Eine entscheidende Bedeutung kommt auch der Größe einer Fläche mit einem ihr eigenen Oberflächentemperaturverhalten zu. Ausgedehnte Areale mit hohen Oberflächentemperaturen besitzen einen entsprechend stärkeren Einfluss auf das Lokalklima als punkthafte "Wärmequellen".

Thermisches Verhalten unterschiedlich genutzter Gebiete

Im Umfeld des Planungsgebietes "Messe-/Sportpark Mannheim" lassen sich im wesentlichen folgende Flächennutzungstypen unterscheiden:

Industrie- und Gewerbegebiete, Messegelände:

In den Gewerbegebieten Mallau und Mühlfeld und dem Maimarktgelände überwiegen großflächige Hallen- und Gewerbebauten mit angrenzenden Stellflächen, die größtenteils asphaltiert sind. Unbebaute Flächen (Reserveflächen) liegen vorwiegend brach.
Anhand der Thermalkartierung fällt die meist intensive Abkühlung bzw. das geringe mittlere Temperaturniveau der Dachflächen großer Hallen auf (z.B. Maimarkthalle). Die geringe Wärmekapazität der Dächer lässt sich auf eine vergleichsweise kleine wärmeleitende Masse zurückführen, die sich aus den allgemein verwendeten Dachmaterialien ergibt (Dachpappe, Aluminium). Im Gegensatz zu versiegelten Bodenoberflächen fehlt den Dachflächen ein Unterbau, in den die tagsüber aufgenommene Energie durch Wärmeleitung abgeführt werden kann.
Deutlich überwärmt erscheinen asphaltierte Straßen und versiegelte Stellflächen. Als Beispiele seien hier die Stellflächen auf dem Maimarktgelände erwähnt.

Dichte städtische Bebauung:

Die Bebauung im Zentrum von Mannheim ist durch dichte Gebäudestellung mit hohem Versiegelungsgrad charakterisiert. Tagsüber heizen sich vor allem offene, versiegelte Plätze, unbeschattete Straßenzüge sowie Dachflächen intensiv auf. Während die Dachflächen nach Sonnenuntergang infolge freier Ausstrahlung jedoch vergleichsweise rasch abkühlen, treten die Straßen mit ihrer warmen Asphaltdecke in der Thermalkarte deutlich überwärmt hervor. Hier macht sich zum einen der Strahlungseinfluss der umgebenden Hauswände und zum anderen die Horizontabschirmung bemerkbar. Unmittelbare Folge der flächenhaft hohen Oberflächentemperaturen in der City ist eine Überwärmung der bodennahen Luftschichten.

Wohngebiete:

Die reinen Wohngebiete sind im Bereich der an das Planungsgebiet angrenzenden Bebauung (Neuhermsheim) meist locker durchgrünt.
Infolge der unterschiedlichen Flächennutzung zeichnen sich die Wohngebiete allgemein durch eine Vielfalt von Mikroklimaten auf engstem Raum aus. Die Klimadifferenzierung reicht von den stark erwärmten Verkehrs- und Dachflächen (rötliche Farbgebung - Abendbefliegung) bis zu kühleren Rasenflächen (gelbe Farbgebung - Abendbefliegung). In Anbetracht der internen Freiflächen mit und ohne Begrünung, bleibt die Überwärmung der bodennahen Luftschichten gegenüber dem unbebauten Freiland begrenzt.
Der trotzdem recht hohe Anteil an roten Farbflächen in Neuhermsheim aber auch bspw. in der Vogelstang sind im wesentlichen auf den Baumbestand (siehe Gehölzflächen) zurückzuführen.

Gehölzflächen:

Tagsüber ergibt sich im Bestand größerer Gehölzflächen infolge Absorption der Sonnenstrahlung im oberen Kronenraum der Bäume und Sträucher sowie aufgrund der Beschattung des Stammraumes eine vertikale Temperaturzonierung. Die aktive Austauschfläche liegt im Kronenraum, der Stammraum ist kühler und feuchter als die Umgebung. Nach Sonnenuntergang, wenn die freien Oberflächen rasch abkühlen, erfolgt die Abkühlung im Stammraum vergleichsweise langsam, da die Ausstrahlung durch das Kronendach reduziert ist. Gehölzgruppen besitzen demnach je nach flächenhafter Ausdehnung, Art und Zusammensetzung temperaturausgleichende Wirkung.
Die relativ hohe nächtliche Baumkronentemperatur von dichteren Gehölzflächen (rote/orange Farbgebung - Abendbefliegung) ist darauf zurückzuführen, dass die im Kronenraum entstehende Kaltluft in den Stammraum absinkt. Dadurch gelangt kontinuierlich wärmere Luft aus höheren Luftschichten in den Kronenraum.

Wiesen/Ackerflächen:

Die Oberflächentemperatur wird nach Sonnenuntergang im vorliegenden Fall dadurch bestimmt, wieviel Tageswärme im Boden oder im Pflanzenbestand gespeichert ist und wie schnell sie an die Oberfläche geleitet wird, um die ausgestrahlte Energie zu ersetzen. Während beispielsweise in einer Straßendecke die in tieferen Schichten gespeicherte Wärme rasch an die Oberfläche nachgeleitet wird, wirkt ein Wiesenteppich isolierend. Die stark ausstrahlenden Grashalme kühlen die darüber lagernde Luft besonders rasch ab, so dass auf solchen Flächen nachts die tiefsten Temperaturen erreicht werden, sie stellen also die optimale Nutzungsform für Flächen mit der Klimafunktion "nächtliche Kaltluftbildung" dar (z.B. im Bereich des Flugplatzes). Intensive Abkühlung ist auch über Zuckerrübenfeldern zu beobachten.
Das Temperaturverhalten von Getreidefeldern ist grundsätzlich anders als das der Gehölzgruppen. Je nach Höhe und Dichte des Bewuchses (abhängig von der Pflanzenart und der Jahreszeit) fällt die aktive Umsatzschicht nahezu mit der Bodenschicht zusammen oder liegt im oberen Bestandsbereich. Bei schütterem Bewuchs kann z.B. die von der Strahlung getroffene Bodenschicht rasch austrocknen, die Transpiration der noch verbliebenen Pflanzen reduziert sich. Die Oberflächentemperaturen erreichen deshalb tagsüber ähnlich hohe Werte wie unbewachsener Boden.

3.2.1 Tagesgang der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit am 23.-24.08.2001 - östlicher Gradientwind, hohe thermische Belastung

Wetterablauf: Unter dem Einfluss einer Hochdruckwetterlage (HFa) ist es am Tag meist nur gering bewölkt (mittlerer Bedeckungsgrad ca. 3/8, Quellwolken). Gegen Abend löst sich die Bewölkung weitgehend auf.

Abbildung 13: Die Tagesgänge[6] geben eine Situation mit hoher thermischer Belastung am Tag und Ausbildung lokaler/regionaler Strömungssysteme nach Sonnenuntergang wieder.

Am Nachmittag werden an allen Messstandorten Winde aus östlichen bis südöstlichen Richtungen registriert. Dabei treten in freien Lagen (z.B. Station *Kloppenheimer Feld [4], Xaver-Fuhr-Straße [1]*) mittlere Windgeschwindigkeiten bis 3.0 m/s auf.

An der Station *Neuhermsheim-E [3]* und innerhalb der Bebauung des Gewerbegebietes Mallau (Station *Soldnerstraße [5]*) ist die Ventilation infolge der kammerartigen Lagesituation bzw. aufgrund der höheren Oberflächenrauhigkeit der Bebauung etwas abgeschwächt. Hier werden mittlere Windgeschwindigkeiten bis max. 2.5 m/s aufgezeichnet.

Schon vor Sonnenuntergang (ca. 19:30 Uhr) flaut der Wind mit zunehmend stabiler werdender Luftschichtung ab und dreht im Laufe der Nachtstunden an den allen Stationen über Nordost zu östlichen Richtungen, was auf ein regional angelegtes Strömungssystem zurückzuführen ist.

---

[6] (Zeichenerklärung: Die Windfahnen weisen in die Richtung, aus welcher der Wind kommt; ganzer Teilstrich = 1.0m/s, halber Teilstrich = 0.5m/s.)

Bei allgemein vorherrschenden extrem schwachen Windgeschwindigkeiten zeigen die Stationen *Neuhermsheim-E [3]* und *Soldnerstraße [5]* aufgrund der Oberflächenrauhigkeit der Bebauung und des Straßendammes der B 38a deutliche Stagnationstendenzen.
Auch an der Station *Kloppenheimer Feld [4]* treten zeitweise Windstillen (Calmen) auf, die auf bodennahe Kaltluftstagnation über den Ackerflächen zwischen B 38a und Hochstätt hinweisen.
Günstiger ventiliert zeigt sich der Freiraum zwischen Maimarktgelände und Gewerbegebiet Mühlfeld (Station *Xaver-Fuhr-Straße [1]*). Die angrenzende Bebauung wirkt leicht labilisierend auf die bodennahe Kaltluftschicht, so dass die südöstliche Regionalströmung vermehrt bodennah eingreifen kann.

Nach 04:00 Uhr greift zunehmend wieder der vorherrschende Höhenwind bodennah ein, so dass das südöstliche Strömungssystem weitgehend zum Erliegen kommt.

Im Gang der Lufttemperatur spiegelt sich das ortsspezifische Ventilationsgeschehen wider. Am Tag werden zwischen den einzelnen Stationsstandorten aufgrund der standortspezifischen Flächennutzung sowie der unterschiedlichen Besonnungs- und Beschattungsverhältnisse Temperaturunterschiede bis 2.2°C erreicht.
Der Tageshöchstwert (31.1°C) wird, bezogen auf die Messhöhe 2.5 m ü.G., gegen 16:30 Uhr an den Stationen *Xaver-Fuhr-Straße [1]* und *Neuhermsheim-E [3]* registriert. Ein vergleichbar hohes Temperaturmaximum (31.0°C) wird im Gewerbegebiet Mallau (Station *Soldnerstraße [5]* gemessen.
Die geringen Temperaturunterschiede zwischen Bebauung und Freiland verdeutlichen, dass sich an heißen Sommertagen auch über vegetationsbestandenen Flächen infolge Wärmestaus ein hohes Temperaturniveau einstellen kann.

Bereits vor Sonnenuntergang setzt an allen Stationen die Abkühlungsphase ein.

Rasche und intensive abendliche Abkühlung erfolgt an der Station *Kloppenheimer Feld [4].* Über den Wiesen und Ackerflächen im Stationsumfeld entsteht bodennahe Kaltluft, so dass die Lufttemperatur innerhalb von zwei Stunden (20:30 Uhr - 22:30 Uhr) um ca. 4.5°C abnimmt.

Deutlich gedämpft ist die abendliche Abkühlung an der Station *Xaver-Fuhr-Straße [1].* Bei zunächst noch vorherrschenden nordöstlichen Winden wird Warmluft aus dem Gewerbegebiet Mühlfeld in das Stationsumfeld verfrachtet, so dass hier gegenüber der Station *Kloppenheimer Feld [4]* zeitweise bis zu ca. 2.2 °C höhere Lufttemperaturen registriert werden.

An den Standorten *Neuhermsheim-W [2]* und *Neuhermsheim-E [3]* wird in den Nachtstunden ein mit dem Standort *Xaver-Fuhr-Straße [1]* vergleichbares Temperaturniveau registriert. Im Nahbereich der Bebauung machen sich die Harrlach-Gärten bzw. die Wiesen und Ackerflächen westlich der B 38a thermisch positiv bemerkbar.

Trotz der hohen Wärmekapazität der befestigten Flächen (Straßen, Gebäude) kommt es im Umfeld der Station *Soldnerstraße [5]* nur zu leicht gedämpfter nächtlicher Abkühlung, da sich zum einen bebauungsinterne Freiflächen (Brache) und zum anderen die nördlich angrenzenden Freiflächen (Rangierbahnhof, Kloppenheimer Feld) thermisch positiv bemerkbar machen.

Das Temperaturminimum wird allgemein kurz vor Sonnenaufgang gemessen.

Nach Sonnenaufgang kommt es zu allgemeiner Erwärmung der bodennahen Luftschichten, wobei die Lufttemperaturen an allen Messstandorten wieder rasch ansteigen.

3.2.2 Tagesgang der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit am 24.-25.08.2001 - von Südosten auf Südwesten drehender Gradientwind, hohe thermische Belastung

Wetterablauf: Unter Hochdruckeinfluss (HFa) ist es am Tag bei auffrischendem Wind nur leicht bewölkt. Am Abend löst sich die Bewölkung auf, so dass sich das typische ortsspezifische Strömungsgeschehen ausbilden kann.

Abbildung 13: Am Nachmittag des 24.08.2001 herrschen zunächst Winde aus südöstlichen Richtungen vor. Nach 15:30 Uhr kommt es allgemein zu einem großräumig bedingten Windrichtungswechsel auf südwestlichen Richtungssektoren. Die auffrischenden Südwest-Winde erreichen an den Stationen *Kloppenheimer Feld [4]* und *Neuhermsheim-E [3]* mittlere Windgeschwindigkeiten von 3.0 bis 3.5 m/s. Deutlich abgeschwächt ist demgegenüber die Ventilation im Mühlfeld und Mallau. An den Stationen *Xaver-Fuhr-Straße [1]* und *Soldnerstraße [5]* werden nur maximale mittlere Windgeschwindigkeiten von 2.0 m/s gemessen. Dies weist darauf hin, dass die Gleisanlagen bei südlichen Richtungskomponenten als bodennahe Ventilationsbahn für die Bebauung von Neuhermsheim und Hochstätt funktionieren.

In den Nachtstunden setzt das für den Südosten von Mannheim typische Strömungsgeschehen (Strahlungstage) ein.
An der Station *Kloppenheimer Feld [4]* zeigen sich in der ersten Nachthälfte deutliche Ventilationseffekte. Bei Windgeschwindigkeiten bis 1.5 m/s durchmischt sich die über den vegetationsbedeckten Freiflächen entstehende bodennahe Kaltluft mit wärmerer Luft aus höheren Luftschichten, was zur Folge hat, dass der nächtliche Temperaturrückgang zunächst gedämpft ist.

Die o.a. Ventilationseffekte führen auch an den anderen Stationsstandorten zu einem verzögerten Temperaturrückgang. An der Station *Xaver-Fuhr-Straße [1]* werden zudem mit den zeitweise vorherrschenden Nordost-Winden thermisch belastete Luftmassen (Bebauung Gewerbegebiet Mühlfeld) in den Bereich des Stationsstandortes verfrachtet.

Im Gewerbegebiet Mallau (Station *Soldnerstraße [5]*) machen sich die noch verbliebenen Frei- (Reserveflächen) und die nördlich der Bahnlinie angrenzenden Freiflächen (Kloppenheimer Feld) deutlich bemerkbar. Mit den Nordost-Winden zwischen 21:30 Uhr und 22:30 Uhr erreichen kühlere Luftmassen den Stationsstandort, so dass thermische Negativeffekte durch großvolumige Baukörper weitgehend abgebaut werden können. Die nächtlichenTemperaturdifferenzen zwischen den Stationsstandorten *Soldnerstraße [5]* und *Kloppenheimer Feld [4]* bleiben daher zunächst gering (max. Temperaturdifferenz zwischen 20:00 Uhr und 22:30 Uhr 1.8 °C).

Nach 23:00 Uhr ist über den Freiflächen des Kloppenheimer Feldes ein auffallender Temperaturrückgang zu verzeichnen, da infolge der zunehmend stabiler werdenden Luftschichtung wärmere Luft aus höheren Luftschichten nicht mehr bodennah eingreifen kann.

Auch an den anderen Stationsstandorten ist eine intensivere Abkühlung zu beobachten, erreicht jedoch nicht die Intensität wie im Kloppenheimer Feld. An den Standorten in Neuhermsheim und im Mühlfeld zeigt sich noch die dämpfende Wirkung der benachbarten, wärmeren Bebauung.

3.3 Verteilung der Lufttemperatur nach Messfahrten im Umfeld des Planungsgebietes "Messe-/Sportpark Mannheim"

Zur Beurteilung der Bedeutung der Lagebeziehung des Untersuchungsgebietes zu klimaökologischen Ausgleichsräumen und der Flächennutzung für die Ausbildung des lokalen Klimas sowie zur flächendeckenden Analyse klimaökologischer Funktionsabläufe wird nachfolgend die flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur dargestellt. Sie basiert auf netzartig angelegten Messfahrten (max. Dauer ca. 1.5 Stunden), in deren Verlauf die Lufttemperatur mit Hilfe eines Psychrometers in 2 m ü.G. kontinuierlich registriert wurde. Die notwendige Zeitkorrektur (Reduktion der Temperaturdaten auf einen bestimmten Zeitpunkt, z.B. 23:00 Uhr) der erfassten Daten erfolgte mit Hilfe der Stationsdaten.

Eine Analyse der Temperaturverteilung erfolgt vorwiegend nach Sonnenuntergang, da sich im Verlauf der nächtlichen Abkühlungsphase die durch unterschiedliche Flächennutzung bzw. Oberflächenmaterialien (vegetationsbedeckte Oberflächen bzw. Baukörper) bedingten thermischen Unterschiede am deutlichsten ausbilden. Abhängig von der Flächennutzung, der Lagebeziehung zu klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen und dem Geländerelief bilden sich nach Sonnenuntergang wärmere und kühlere Bereiche. Hierfür ist sowohl die kleinräumige als auch die großräumigere (regionaler Maßstab) Kaltluftentstehung und Kaltluftbewegung von wesentlicher Bedeutung.

Bereits vor Sonnenuntergang beginnen sich die Bodenoberfläche sowie die darauf befindlichen Materialien und damit auch die darüber liegenden Luftschichten abzukühlen. Über Vegetationsflächen (z.B. Wiesen, Ackerflächen) ist diese Abkühlung besonders intensiv. In ebenem Gelände stagniert die so entstehende Kaltluft größtenteils am Ort ihrer Entstehung, wenn sie nicht durch eine Luftströmung höherer Geschwindigkeit ausgeräumt wird.

Während der vorliegenden Messfahrten wurden im Planungsgebiet und dessen Umfeld Temperaturunterschiede bis ca. 3.5°C gemessen.

3.3.1 Ergebnisse der Temperaturmessfahrten vom 23./24.08.2001

Im Verlauf der Temperaturmessfahrt vom 23./24.08.2001 herrschten gegen 23:00 Uhr nordöstliche Winde mit Geschwindigkeiten zwischen 0.5 und 1.5 m/s vor. Gegen 02.00 Uhr wurden im Untersuchungsgebiet Winde aus östlichen Richtungen mit Geschwindigkeiten um 0.5 m/s gemessen (s. **Abbildung 13**).

Isothermenkarten:

Die Isothermenkarten (**Abbildungen 14, 15**) zeigen die flächenhafte Verteilung der Lufttemperatur während einer klimaökologisch relevanten Strahlungswetterlage (23./24.08.2001).

In der Darstellung der Lufttemperaturverteilung markiert die jeweilige Isotherme (Linie gleicher Lufttemperatur) den Übergang zu einem anderen Temperaturwert. Im vorliegenden Fall umfassen die Farbflächen zwischen zwei Isothermen jeweils einen Temperaturbereich von 0.5 °C.

Da die Einstrahlung bei Tag im Freiland und innerhalb der Bebauung gleichermaßen wirksam ist und die am Tag meist stärkere Windbewegung intensiveren vertikalen und horizontalen Luftaustausch zur Folge hat, sind die Temperaturunterschiede zwischen Bebauung und Freiland im allgemeinen geringer als während der nächtlichen Ausstrahlungsphase. Zur Zeit der Ausstrahlung treten die landschafts- und siedlungsspezifischen thermischen Unterschiede, wie bereits erwähnt, ausgeprägt hervor.

Kurz nach Sonnenuntergang deutet sich bereits die typische Verteilung der nächtlichen Lufttemperaturen an, wie sie in **Abbildung 14** dargestellt ist.

Auf der Isothermenkarte von 23.00 Uhr lassen sich deutlich die lage- und flächennutzungsbedingten thermischen Unterschiede erkennen.

Die maximale Temperaturdifferenz beträgt ca. 3.2°C. Die tiefsten Werte (19.5 °C - 20.0 °C) werden im Freiland nordwestlich des Autobahnkreuzes Mannheim und am Bösfeld Weg IV gemessen, wo die örtlich gebildete Kaltluft vermehrt stagniert. Niedrige Lufttemperaturen erkennt man auch im Umfeld der Station *Kloppenheimer Feld [4],* im Bereich der Harrlach-Gärten und im Niederfeld östlich des Maimarktgeländes (20.0 °C - 20.5 °C).

Außerhalb bodennaher Kaltluftstagnationsbereiche werden im Freiland östlich der B 38a (z.B. Bösfeld) Lufttemperaturen zwischen 20.5 °C und 21.0 °C registriert.

Deutlich verzögert ist bei der vorherrschenden Situation die Abkühlung im Bereich des Maimarktgeländes sowie in der Bebauung Mühlfeld, Neuostheim, Fahrlach und Hochstätt. Hier bewirken die z.T. großflächige Bodenversiegelung (Stellplatzflächen, großflächige Gewerbebauten) einen deutlich gedämpften abendlichen Temperaturrückgang, so dass gegen 23:00 Uhr noch Lufttemperaturen bis über 22.0 °C zu messen sind. Die höchsten Lufttemperaturen stellen sich im Bereich des Großmarktes/Schlachthofstraße ein (22.8 °C).

Verhältnismäßig günstig stellt sich die thermische Situation in Neuhermsheim dar. Die bebauungsinternen Grünflächen (Gärten) sowie die angrenzenden Freiräume (Bösfeld, Harrlach-Gärten/Flugplatz, Rangierbahnhof) machen sich bioklimatisch positiv bemerkbar.

Abbildung 15 gibt die thermische Situation zu Beginn der zweiten Nachthälfte gegen 02:00 Uhr wieder.

Die maximalen Temperaturunterschiede zwischen kühlsten und wärmsten Bereichen liegen bei ca. 3.5 °C. Niedrigste Lufttemperaturen werden wiederum im Kloppenheimer Feld und in der Kleingartenanlage Harrlach-Gärten nördlich von Neuhermsheim gemessen (unter 17.5 °C). Zunehmende nächtliche Abkühlung zeigt sich nun aber auch im Bereich des Flugplatzes. Infolge der intensiven Kaltluftproduktion (zunehmend stabile Luftschichtung) über den vegetationsbedeckten Freiflächen zwischen Rangierbahnhof und Gewerbegebiet Mühlfeld lässt der Einfluss nordöstlicher Luftströmungen auf die bodennahen Luftschichten nach, so dass sich eine schwache, nach Westen gerichtete, flurwindartige Strömung entwickeln kann.

Das großflächig versiegelte Maimarktgelände hebt sich als "Wärmeinsel" (+ 1.0 bis + 2.0 °C) deutlich von seiner Umgebung ab. Die bestehenden Abstandsflächen zum Gewerbegebiet Mühlfeld reichen jedoch in ihren Dimensionen aus, die Bildung einer "Wärmebrücke" zu unterbinden. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf die Funktionsfähigkeit der Ventilationsbahn Mühlfeld - Flugplatz, die u.a. auch die thermische Situation von Neuostheim positiv beeinflusst.

Die höchsten Lufttemperaturen im Untersuchungsgebiet werden gegen 02:00 Uhr wiederum im Bereich der Fahrlachstraße/Schlachthofstraße registriert (20.5 °C).

3.3.2 Ergebnisse der Temperaturmessfahrten vom 24./25.08.2001

Wie die Tagesgänge der Lufttemperatur und des Windes dokumentieren (siehe **Abbildung 13**) entwickelt sich im Untersuchungsgebiet nach Sonnenuntergang zeitweise ein räumlich differenziertes Strömungsgeschehen, das sich auch auf die Verteilung der Lufttemperatur auswirkt.

Isothermenkarten:

Die Isothermenkarten für den 24./25.08.2001 sind Ergebnis von das Gesamtstadtgebiet abdeckenden Temperaturmessfahrten.

Abbildungen 16: Die thermische Situation im Untersuchungsgebiet wird in der ersten Nachthälfte (23:00 Uhr) wesentlich von schwachen östlichen bis südöstlichen Winden bestimmt.
Infolge ungehinderter Ausstrahlung (wolkenlos) ist im Bereich des Grünzuges Südost intensive Abkühlung zu erkennen, so dass sich beispielsweise zwischen dem Kloppenheimer Feld (18.0 - 19.0°C) und der Bebauung Neuhermsheim (23.0 - 24.0 °C) Temperaturunterschiede bis ca. 4.5 °C einstellen. Die höchsten Lufttemperaturen zeigen sich im dargestellten Ausschnitt in der Mannheimer City. Im Bereich des Reiß-Museums werden gegen 23:00 Uhr noch Lufttemperaturen von über 25.0 °C gemessen.

Im Planungsgebiet "Messe-/Sportpark Mannheim" zwischen Gewerbegebiet Mühlfeld und Rangierbahnhof werden maximale Temperaturunterschiede von ca. 3.5 °C registriert. Während über den landwirtschaftlich genutzten Freiflächen nach Sonnenuntergang rasche Abkühlung einsetzt, ist diese im Bereich des Maimarktgeländes infolge der Bebauung und der befestigten Oberflächen (Stellflächen) gedämpft.

Abbildung 17: Zwischen erster und zweiter Messfahrt ist die Lufttemperatur im Zuge der nächtlichen Abkühlung in der Mannheimer City um ca. 3.0°C und im kühleren Freiraum "Bösfeld" um ca. 3.5 - 4.0 °C zurückgegangen.
Die maximalen Temperaturunterschiede zwischen dem Mannheimer Stadtzentrum (T_{max}: 22.4 °C) und dem Planungsgebiet (Bösfeld T_{min}: 16.4 °C) betragen bei der vorliegenden Siutation 6.0°C.
Die niedrigsten Lufttemperaturen (15.4 °C) werden im Nahbereich des Planungsgebietes wiederum im Kloppenheimer Feld nordwestlich des Stadtteils Hochstätt registriert.
Niedrige Temperaturen (16.0 - 17.0 °C) erkennt man aber auch nördlich der A 656 im Niederfeld.
Etwas gedämpft ist demgegenüber die nächtliche Abkühlung im Bereich des Maimarktgeländes und des Flugplatzes. Während südlich der A 656 die Zonen intensiver Abkühlung (16 °C- Isolinie) über die Harrlach-Gärten bis nahe an das Gewerbegebiet Fahrlach reichen, stellt sich der Freiraum südlich des Gewerbegebietes Mühlfeld/Neuostheim insgesamt etwas wärmer dar.
Bei vorherrschendem östlichen bis nordöstlichen Wind wird wärmere Luft aus der Bebauung in den Freiraum bzw. in den Bereich des Flugplatzes verfrachtet, so dass ein Teil der örtlich gebildeten bodennahen Kaltluft mit wärmeren Luftmassen durchsetzt wird.

Die Funktion des Freiraumes Südost als klimaökologischer Ausgleichsraum, der bis in den Bereich Schwetzingerstadt/Oststadt thermische Positiveffekte erbringt, ist jedoch noch deutlich zu erkennen.

4. Beurteilung der bioklimatischen Verhältnisse im Planungsgebiet "Messe-/ Sportpark Mannheim" und dessen Umfeld

Mit dem Begriff "Bioklima" wird die Wirkung der klimatischen Gegebenheiten auf die Physiologie des Menschen bezeichnet. Dabei kommt vor allem jenen Klimaelementen erhöhte Bedeutung zu, die sich in besonderer Weise auf die Befindlichkeit des Menschen auswirken. Neben der Lufttemperatur, Sonneneinstrahlung und Wind sind dies vor allem die relative und absolute Luftfeuchtigkeit und im Zusammenhang damit die Schwülebelastung. Diese kann näherungsweise durch die Äquivalenttemperatur (ET) beschrieben werden, wobei allerdings das Ventilationsgeschehen in den zu beurteilenden Bereichen zur Zeit der potentiellen Belastungssituationen zu berücksichtigen ist.

Nachfolgend werden anhand der Stationsdaten die unterschiedlichen bioklimatischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet aufgezeigt und miteinander verglichen, um die zwischen den verschiedenen Teilräumen auftretenden charakteristischen Unterschiede der bioklimatischen Gunst bzw. Ungunst zu quantifizieren.

In **Tabelle 3** wurden die Nächte mit extremer Schwülebelastung (ET > 54 °C) und die Häufigkeit der Andauer in Stunden zusammengestellt.

Tabelle 3: *Andauer extremer Schwülebelastung (ET > 54.0 °C) an heißen Sommertagen (T_{max} > 30.0°C) im Zeitraum August/September 2001*

Station	Häufigkeit von ET > 54 °C zwischen 18:00 Uhr und 06:00 Uhr
Xaver-Fuhr-Straße [1]	18.0 % der Nachtstunden
Neuhermsheim-W [2]	26.6% der Nachtstunden
Neuhermsheim-E [3]	19.3% der Nachtstunden
Kloppenheimer Feld [4]	13.3% der Nachtstunden
Soldnerstraße [5]	32.0% der Nachtstunden
Meerackerstraße *	50.7% der Nachtstunden

**) Die Station Meerackerstraße (Betrieb durch ÖKOPLANA) befindet sich im Bereich der John-Deere Werke und charakterisiert die Situation in innerstädtischer Bebauung*

Im Zeitraum August bis September 2001 ergab sich an heißen Sommertagen an der Station *Meerackerstraße* nach Sonnenuntergang die größte Häufigkeit bioklimatischer Belastung (durchschnittlich 50.7% der Abend- und Nachtstunden). Die hieraus abzuleitende größere bioklimatische Belastung im Bereich innerstädtischer Bebauung ist im wesentlichen auf die geringere Ventilation im bodennahen Luftraum und den fehlenden direkten räumlichen Bezug zu klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen (größere Grünflächen, Freiland) zurückzuführen.
Schwache Ventilation und die z.T. großflächige Versiegelung führt auch im Gewerbegebiet Mallau (Station *Soldnerstraße [5]*) zu langandauernder, hoher bioklimatischer Belastung. Hier beträgt die durchschnittliche Andauer von ET > 54.0 °C in den Abend- und Nachtstunden noch 3 Stunden (26.6% der Stunden zwischen 18:00 Uhr und 06:00 Uhr). Eine mittlere Belastung wird für das Stationsumfeld *Neuhermsheim-W [2]* ermittelt (26.6% der Stunden zwischen 18:00 Uhr und 06:00 Uhr). Hier macht sich der direkte räumliche Bezug zu den Harrlach-Gärten (Kaltluftproduktionsflächen) positiv bemerkbar. Die Funktion des Grünzuges entlang der A 656 als klimaökologischer Gunstraum wird offenbar.
Im Bereich *Neuhermsheim-E [3]* und *Xaver-Fuhr-Straße [1]* werden noch zu 19.3% bzw. 18.0% der Abend- und Nachtstunden Äquivalenttemperaturen über 54.0°C registriert. Hier wirken sich die ausgedehnten vegetationsbestandenen Freiflächen bioklimatisch positiv aus.
Niedrigste bioklimatische Belastungen (durchschnittliche Andauer ET > 54.0 °C unter 14%) wurden am Stationsstandort *Kloppenheimer Feld [4]* gemessen. Dies unterstreicht die bioklimatische Gunstsituation im Bereich des Grünzuges Südost.

5. Lufthygiene

Durch die industrielle Struktur und die hohe Verkehrsdichte in Mannheim ist den lufthygienischen Verhältnissen verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen.

Im Zuge des Ausbaus des Maimarktgeländes und der Errichtung eines Sportparks im Bösfeld wird sich die Emissions- und Immissionssituation ändern. Neben dem veränderten Verkehrsaufkommen bzw. der neuen Verkehrsführung wird dies auch auf die Auswirkungen der veränderten Ventilationsverhältnisse zurückzuführen sein.

In **Abbildung 18** sind beispielhaft die prognostizierten Verkehrszahlen wiedergegeben[7].

Prognose 0-Fall: Hochrechnung des Grundverkehrs aus den Zählungen von 1999 auf das Prognosejahr 2004. Es wird angenommen, dass bis 2004 eine allgemeine Zunahme des Verkehrs um 5% eintritt.

Szenario A: Annahme - Eishockey-Spiel mit 12.000 Besuchern, 60% Individualverkehr, 40% ÖPNV.

Szenarion B: Worst-case-Annahme - Musikveranstaltung in der MArena mit 12.000 Besuchern, 85% Individualverkehr, 15% ÖPNV.

Die Verkehrszahlen verdeutlichen, dass sich durch den geplanten Stadtbahnanschluss im Bösfeld eine Höherfrequentierung einzelner Straßenabschnitte auch bei Realisierung des Sportparks (Arena) minimieren lässt. So belegt der beispielhafte Planfall A, dass über 24 Stunden gemittelt auf dem Rhein-Neckar-Schnellweg zwischen Bösfeld und Neuhermsheim und entlang der Ludwigshafener Straße die Zunahmen der täglichen Verkehrsstärke auf ca. 3% beschränkt bleibt. Unter Annahme von Szenario B nimmt die über 24 Std. gemittelte Verkehrsstärke um 4% zu.

5.1. Schadstoffkomponenten des Kraftfahrzeugverkehrs

Zu den typischen kraftfahrzeugbedingten Schadstoffkomponenten zählen besonders CO (Kohlenmonoxid), Kohlenwasserstoffe wie z.B. Benzol (C_6H_6) und Stickoxide (NO, NO_2) als Vorläufersubstanzen von Ozon (O_3). In geringerem Maße zählen auch Schwefeldioxid (SO_2) und inerter Staub dazu.

Eine wesentliche Rolle für die Entstehung von Kfz-Schadstoffen spielt die unvollständige Verbrennung der Kraftstoffanteile in den Motoren. Dieser Zustand tritt vor allem bei zähflüssigem und stockendem Verkehr sowie bei häufigen Lastwechseln auf. Kohlenmonoxid-, Kohlenwasserstoffemissionen sind typisch für unvollständige Verbrennung. Benzol sowie andere Kohlenwasserstoffe werden besonders bei stockendem Verkehr, Stop- und Go-Verkehr und in Kreuzungsbereichen emittiert.

Eine andere Gruppe von Schadstoffen entsteht durch Brennstoffverunreinigungen. Durch Verbrennung des vornehmlich im Dieselkraftstoff in geringen Mengen enthaltenen Schwefels entsteht z.B. Schwefeldioxid.

Eine bedeutende Gruppe der Kfz-Schadstoffe stellen die Stickoxide dar. Sie entstehen im wesentlichen durch Oxidation des Luftstickstoffs bei hohen Verbrennungstemperaturen und zum geringen Anteil durch im Treibstoff vorhandene Stickstoffverbindungen.

Stickoxide entstehen bevorzugt bei höherer thermischer Belastung, d.h. beim Beschleunigen und bei schneller Fahrweise.

Zu den Stickoxiden ist zu bemerken, dass von den Motoren fast ausschließlich Stickstoffmonoxid ausgestoßen wird, woraus sich das giftigere Stickstoffdioxid als Folgeprodukt durch Umwandlung mit Luftsauerstoff und Ozon bildet. Die Umwandlungsrate ist u.a. von den Wetterbedingungen und der Verweilzeit der Gase in der Atmosphäre abhängig. Da mit zunehmender Entfernung von der Fahrbahn die Verweildauer und somit die Umwandlungsrate von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid zunimmt, verringert sich die Konzentration von NO_2 nicht in dem Maß, wie es aufgrund des Verdünnungsvorganges im Luftraum zu erwarten wäre. Insgesamt ist die NO-NO_2-Umwandlung ein sehr komplexer Vorgang.

Neben direkten Wirkungen im näheren Fahrbahnbereich haben Stickoxide die Eigenschaft, mit Kohlenwasserstoffen bei starker Sonneneinstrahlung photochemische Umwandlungen einzugehen. Bei diesem Prozess entstehen großräumig Ozon, freie Radikale, Aldehyde oder andere Kohlenwasserstoffverbindungen, die als photochemischer Smog (Los Angeles Smog) bekannt geworden sind.

Eine weitere Schadstoffgruppe stellen die partikelförmigen Emissionen dar.

Staub entsteht durch Abrieb von Reifen und Straßenbelag. Neben inertem Staub wird dabei das dem Kautschuk zugesetzte Zinkoxid frei. Da mit Zink zusammen stets in sehr geringen Mengen das Schwermetall Cadmium auftritt, ist mit dem Reifenabrieb auch eine gewisse Cadmiumemission verbunden.

Weitere Schwermetalle werden durch den Verschleiß bewegter Teile (Motor) erzeugt und freigesetzt. U.a zählen hierzu Nickel-, Chrom- und Kupferemissionen.
Die Konzentrationen dieser Stoffe in der Luft sind jedoch bereits im Abstand weniger Meter vom Emittenten auf ein - nach heutigen Erkenntnissen - unbedenkliches Maß gesunken.

[7] Quelle: Stadt Mannheim

In den hier genannten Schadstoffgruppen gibt es, insbesondere in der Gruppe der Kohlenwasserstoffe, eine sehr große Anzahl unterschiedlicher Verbindungen. Da Schadstoffmessungen sehr aufwändig sind, haben sich Schadstoff-Leitkomponenten herausgebildet, bei deren Betrachtung die wesentlichen Aussagen über die Schadstoffsituation bzw. deren Zulässigkeit möglich sind.

Eine Bewertung der Schadstoffsituation ist vor allem dann möglich, falls gesetzlich verankerte Grenz- bzw. Prüfwerte für einzelne Schadstoffe vorliegen.
Dies ist im Zusammenhang mit dem Kfz-Verkehr u.a. für die Schadstoffe Stickstoffdioxid und Benzol gegeben. Bezüglich der Art und Höhe der Grenz- und Prüfwerte wird auf den nächsten Abschnitt verwiesen.

5.2 Grenz- und Prüfwerte

Grenz- und Prüfwerte sollen gewährleisten, dass bei deren Einhaltung bei Menschen keine gesundheitlichen Schäden auftreten bzw. das Risiko für Erkrankungen in vertretbaren Rahmen bleibt.

Die Grenzwerte wurden häufig aus den Erfahrungen der Arbeitsmedizin abgeleitet. An bestimmten Arbeitsplätzen können Schadstoffkonzentrationen auftreten, die um ein Mehrfaches (zum Teil bis 1 000-fach) über den üblichen atmosphärischen Immissionskonzentrationen liegen. Die in diesem Zusammenhang abgeleiteten MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen) sollen einen gesunden Menschen im arbeitsfähigen Alter bei ca. 8 Std. Exposition täglich vor Schäden schützen.

Immissionsgrenzwerte müssen diesen Schutz auch für alte Menschen, Kinder und Kranke gewährleisten. Sie liegen in der Regel erheblich niedriger als die MAK-Werte. Bei NO_2 liegt der Grenzwert für den Langzeitmittelwert IW1 der TA-Luft um einen Faktor von nahezu 100 unterhalb des entsprechenden MAK-Wertes.

Grenzwerte wurden auch aus statistischen Erhebungen über den Gesundheitszustand bestimmter Bevölkerungsgruppierungen in Gebieten mit typischen Schadstoffbelastungen (Epidemiologische Untersuchungen) oder aus Humanexperimenten abgeleitet. Aus Humanexperimenten können allerdings nur Kurzzeit-Grenzwerte ermittelt werden, da es nicht möglich ist, Versuchspersonen längere Zeit - wie z.B. ein Jahr - unter den gewünschten Bedingungen zu isolieren.

Bei den klassischen Schadstoffen, wie z.B. Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid, unterscheidet man zwischen Langzeit- und Kurzzeitgrenzwerten. Beim Langzeitgrenzwert geht man von der Vorstellung aus, dass der Organismus eine bestimmte andauernde Aufnahme von Schadstoffen kompensieren bzw. daraus resultierende Schäden kompensieren kann, solange die Akkumulation von Schadstoffen unterhalb bestimmter Grenzen bleibt. Durch den Kurzzeitgrenzwert soll eine irreparable Schädigung des Organismus durch einen kurz andauernden Schadstoffspitzenwert verhindert werden.

In der Regel treten Schadstoffkonzentrationen nicht in gleichmäßiger Höhe auf, sondern zeigen ausgeprägte Tagesgänge, Wochengänge bzw. Jahresgänge mit periodisch wiederkehrenden Maxima und Minima.

Die Häufigkeitsverteilung ihrerseits kann beschrieben werden durch ihren Mittelwert sowie durch ihre Streubreite, die ein Maß für auftretende Spitzenwerte ist. Ein Maß für die Streubreite sind die sogenannten Quantile bzw. Perzentile.

Das 98-Perzentil einer Immissionsverteilung ist der Immissionswert, unterhalb dessen 98% aller Immissionswerte liegen. Der Grenzwert für das 98-Perzentil kennzeichnet den Immissionswert, der nur von 2% aller auftretenden Immissionswerten überschritten werden darf. Man kann daher das 98-Perzentil als ein Maß für auftretende Immissionsspitzenwerte ansehen.

Bei der Beurteilung von Schadstoffen aus dem Kfz-Verkehr wurde bisher auch auf Grenz- und Prüfwerte zurückgegriffen, die in anderen Zusammenhängen aufgestellt wurden. Als Beispiel sind die Werte der TA-Luft zu nennen, die streng genommen nur für die Beurteilung von Industrieanlagen gelten. Die Grenzwerte IW1 und IW2 der TA-Luft für NO_2 begrenzen sowohl den Mittelwert I1 auf 80 µg/m^3 als auch das 98-Perzentil I2 auf 200 µg/m^3.

Mit der Verabschiedung der dreiundzwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (23. BImschV) wurden erstmals im Zusammenhang mit Straßenemissionen Konzentrationswerte für Immissionen wirksam, ab deren Überschreitung behördlicher Handlungsbedarf erforderlich ist. In dieser Verordnung werden Konzentrationswerte für NO_2, Benzol (C_6H_6) und Ruß genannt. Bei NO_2 wird das 98-Perzentil auf 160 µg/m^3, bei Benzol der Langzeitmittelwert auf 10 µg/m^3 und bei Ruß ebenfalls der Langzeitmittelwert auf 8 µg/m^3 begrenzt.

Tabelle 4: *Grenzwerte für Luftschadstoffe*

Luftschadstoffe	Immissionsgrenzwerte nach TA-Luft (mg/m³)		MIK-Werte Einwirkungszeit (mg/m³)		
	IW1	IW2	0.5 h	24 h	1 Jahr
SO_2	0.14	0.40	1.0	0.30	0.10
NO	0.20	0.60	1.0	0.50	-
NO_2	0.08	0.20	0.2	0.1	-
CO	10.00	30.00	50.0	10.00	10.00
Schwebstaub	0.15	0.30	0.3	0.20	0.10

23.-BImschV, verkehrsbedingte Immissionen

NO_2	98-Perzentil:	160 µg/m³
Ruß	Jahresmittelwert:	8 µg/m³
Benzol	Jahresmittelwert:	10 µg/m³

Empfehlung des LAI

Benzol	2.5 µg/m³

Anmerkungen:

MIK-Werte	=	Maximale Immissionskonzentrationen des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI)
TA-Luft	=	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
IW1	=	Grenzwert für Langzeitbelastung
IW2	=	Grenzwert, der nur von 2% aller auftretenden Immissionswerte überschritten werden darf
LAI	=	Länderausschuß für Immissionsschutz

5.3 Ergebnisse von Immissionsmessungen

Im Großraum Mannheim/Heidelberg werden in regelmäßigem Abstand Luftreinhaltepläne erstellt, die Auskunft über die Immissionsbelastungen durch einzelne Luftschadstoffe geben.

In den **Abbildungen 19** und **20** sind beispielhaft die Ergebnisse der Immissionsmessungen von 1992/1993 für Stickstoffdioxid und Benzol wiedergegeben.

Die vorliegenden Ergebnisse der Immissionsmessungen zeigen zwar keine Grenzwertüberschreitungen, belegen jedoch die flächendeckend hohe Stickstoffdioxidbelastungen im Gesamtstadtgebiet von Mannheim. Fast alle Werte liegen über 50% des Immissionswertes IW1 nach TA-Luft.
Im Planungsumfeld schwanken die IW1-Werte zwischen 46 und 50 $\mu g/m^3$ was auf ein vergleichsweise hohes Immissionsniveau schließen lässt. Die höheren Werte im Bereich der A 6 belegen den dominanten Einfluss des Verkehrs auf die ortsspezifische Schadstoffbelastung.

Die Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzol zeigt im Planungsumfeld eine Überschreitung des Ziel- und Orientierungswertes der LAI (2.5 $\mu g/m^3$) um 8 bis 56%, wobei die Freiräume zwischen A 656 und Rangierbahnhof deutlich weniger belastet sind als die bebauten Teilräume westlich von Neuhermsheim. Dies belegt die Frischluftfunktion des klimaökologischen Ausgleichsraumes Südost.

Die kurze Darstellung der ortsspezifischen Immissionssituation weist auf die Auswirkungen der Schadstoffemissionen des Verkehrs auf die ortsspezifische lufthygienische Situation hin. Besonders im Bereich der Autobahnkreuze mit hohen Lastwechselanteilen sind hohe Belastungen zu messen.

Durch den geplanten Messe- und Sportpark Mannheim wird insgesamt auch die Verkehrsbelastung und somit die Grundbelastung ansteigen (s.o.). Ein wesentliches Ziel bei der Bebauung des Areals Bösfeld/Maimarkt sollte aus klimaökologischer Sicht daher eine Sicherung möglichst günstiger ortsspezifischer Be- bzw. Durchlüftungsverhältnisse entlang der Hauptverkehrsachsen sein, um über raschen vertikalen und horizontalen Luftmassenwechsel Schadstoff-Spitzenbelastungen während der Hauptverkehrszeiten zu dämpfen.

6. Numerische Modellrechnungen zur Abschätzung der Auswirkungen des potentiellen Messe- und Sportparks Mannheim auf die ortsspezifische klimatische und lufthygienische Situation

Zur Abschätzung der Folgeerscheinungen einer möglichen Bebauung des Bösfeldes zwischen Rangierbahnhof und A 656 sowie der baulichen Erweiterungen auf dem Maimarktgelände bezüglich des bodennäheren Strömungsgeschehens sowie der thermischen und lufthygienischen Situation wurden, neben der Analyse vorhandener Klimadaten, numerische Modellrechnungen[8] durchgeführt. Grundlage dafür bildeten die ortsspezifischen Erkenntnisse aus der Klimanalyse und die vom Büro AS&P, Frankfurt a. M. vorgelegten Planungsentwürfe (**Abbildungen 1, 21** und **22**)

Die Planungen sehen für das Bösfeld in einer 1. Realisierungsstufe den Bau einer Multifunktionshalle (Gebäudehöhe ca. 30 m) für 12.000 Besucher mit Hotel (Gebäudehöhe ca. 25 m) sowie die Bereitstellung der notwendigen Parkierungsflächen vor. In einer 2. Realisierungsstufe sollen Baseballanlagen, Driving-Range sowie Skateranlagen den Sportpark ergänzen. Als zukünftige Option ist auch der Bau eines Fußballstadions in Diskussion (siehe Anlage).

Nördlich der A 656 ist der Ausbau des Maimarktes geplant. Hierzu wird an den Neubau von zwei festen Hallen gedacht.

6.1 Sportpark Bösfeld

Die Modellrechnungen zur Simulation des Einflusses der geplanten Baumaßnahmen im Planungsgebiet "Bösfeld" auf das ortsspezifische Klimageschehen wurden auf Basis des städtebaulichen Strukturkonzeptes und der vorhandenen Planungsentwürfe durchgeführt.
Dabei wurde, um den regionalplanerischen Erfordernissen gerecht zu werden, neben der 1. Realisierungsstufe auch das erst langfristig geplante Fußballstadion (vorgegebene Bauhöhe 35 m) in die Betrachtung miteinbezogen.

Die Rechnungen wurden für den Ist-Zustand sowie für die von den Investoren favorisierten Planungsvarianten B und C (vgl. **Abbildungen 21, 22**) durchgeführt:

Der betrachtete Gebietsausschnitt von ca. 1100 m in Südost-Nordwest-Ausdehnung, 750 m in Südwest-Nordost-Ausdehnung und 100 m Höhe wurde in ca. 400.000 Volumenzellen unterteilt (Strömungsgeschehen, Simulation des thermischen Geschehens).

[8] Die Modellrechnungen für das Ventilationsgeschehen wurden mit dem mikroskaligen, prognostischen Rechenprogramm MISKAM (Vers. 4.2B) durchgeführt.
Zur Simulation der thermischen Situation wurde das Programm ENVI-MET (Vers. 2.0) angewendet.

6.1.1 Modifikation des Strömungsfeldes

Nachfolgend wird anhand den Erkenntnissen aus den ortsspezifischen Klimamessungen die Modifikation des Strömungsfeldes durch eine potentielle Bebauung "Sportpark Mannheim" berechnet.

Die Modellrechnungen wurden im Sinne einer worst-case-Betrachtung für nächtliche Situationen durchgeführt, um den Einfluss der geplanten Bebauung auf die Funktionsfähigkeit des Grünzuges Südost überprüfen zu können.
Die Windfelder werden in Horizontalschnitten dargestellt. Die Schnitte geben die mittlere Windgeschwindigkeit für eine 2 m mächtige Luftschicht (Höhe ± 1 m) wieder. Die Windgeschwindigkeiten werden in Geschwindigkeitsklassen eingeteilt, welchen bestimmte Farben entsprechen: Rot für höhere Geschwindigkeiten bis blau/violett für niedrige Werte.

6.1.1.1 Luftströmungen aus Osten

Als konstante Randbedingung wurde für die Nachtsituation zunächst eine Luftströmung aus östlichen Richtungen mit einer Geschwindigkeit von 1.5 m/s (10 m ü.G.) gewählt. Nach den Erkenntnissen aus der klimaökologischen Untersuchung (s. Kap. 3) ist im Verlauf lokalklimatisch bzw. bioklimatisch relevanter Wetterlagen im Planungsgebiet (Station *Neuhermsheim-E [3]*) in der Nacht mit ca. 11% der Stunden mit Luftströmungen aus östlichen Richtungen zu rechnen.

Ist-Zustand (Abbildungen 23, 24):
Die Abbildungen 23, 24 zeigen das berechnete Windfeld des **Ist-Zustandes** in einer Höhe von 2 m ü.G. bzw. 9 m ü.G. für eine östliche Strömung mit 1.5 m/s Geschwindigkeit in einer Höhe von 10 m ü.G.
Deutlich erkennbar sind auf dem Bild des Ist-Zustandes die Luv- und Lee-Effekte von Gebäuden und des Straßendammes der B 38a. Die im bodennächsten Luftraum (2 m ü.G.) durch die Oberflächenrauhigkeit des Bodens und der Vegetation von 1.5 m/s (10 m ü.G.) in freien Lagen auf Werte zwischen 0.9 und 1.1 m/s reduzierte Windgeschwindigkeit wird durch bauliche Strömungshindernisse weiter abgeschwächt. So werden z.B. im Bereich des von Nordosten nach Südwesten ansteigenden Straßendammes der B 38a gegenüber dem unbeeinflussten Freiland Windgeschwindigkeitsreduzierungen auf bis zu ca. 10% der Eingangsgeschwindigkeit berechnet.
Der dammspezifische Einfluss der B 38a auf das Windfeld (2 m ü.G.) reicht in west-nordwestliche Richtung ca. 50 bis 70 m in den Freiraum Neuhermsheim-Ost.
Im Randbereich der Bebauung von Neuhermsheim zeigen sich im Lee der Gebäude ebenfalls z.T. extreme Windgeschwindigkeitsreduktionen (mittlere Windgeschwindigkeit unter 0.3 m/s). Diese charakterisieren rückläufige Wirbel- bzw. Walzenbildung, was unter klimatischen Aspekten ungünstig zu werten ist, da damit ein intensiver Luftmassenwechsel verhindert wird. Allseitige Umströmung der Gebäude wird durch entsprechende Abstandsflächen begünstigt.

Aus der Modellrechnung für die Strömungsschicht 9 m ü.G. ist zu entnehmen, dass die Straßendamm-bedingte Modifikation des Windfeldes hier nicht mehr wirksam ist. Auffallende Geschwindigkeitsverminderungen sind auf die Bebauung von Neuhermsheim beschränkt.

Planungsvariante B (Abbildungen 25, 26):
Die Planungsvariante B (MArena, Hotelkomplex zwischen MArena und B 38a angeordnet, Fußballstadion, Parkierungsflächen - s. **Abbildung 21**) zeigt eine mögliche Veränderung des bodennahen Windfeldes durch die Bebauung des Freiraumes "Bösfeld".

Für die 2 m-Schicht zeigen sich westlich der B 38a gegenüber dem Ist-Zustand nur im äußersten Südosten von Neuhermsheim bemerkenswerte Unterschiede. Der Lee-Effekt der MArena, des Hotelkomplexes und des Fußballstadions reichen über die B 38a hinweg nach Westen, tangiert jedoch die Bebauung von Neuhermsheim nur am Südost-Rand. So ist im Bereich des Brandenwegs gegenüber dem Ist-Zustand eine Windgeschwindigkeitsreduktion um ca. 45% zu erkennen, was in Strahlungsnächten vermehrt Kaltluftstagnation (lufthygienischer Negativeffekt) hervorruft.

Die Abstandsfläche zwischen MArena und Fußballstadion (ca. 150 m) ermöglicht noch eine allseitige Umströmung der geplanten Gebäude und fungiert als bebauungsinterne Ventilationsbahn.

In 9 m ü.G. ist die Lee-Wirkung der MArena und des Hotels am südöstlichen Rand der Bebauung Neuhermsheim bereits weitgehend abgeklungen. Nur in einem ca. 80 m breiten Streifen sind noch auffallende Windgeschwindigkeitsmodifikationen zu erwarten.

Planungsvariante C (Abbildungen 27, 28):
Die Planungsvariante C (MArena, Hotelkomplex südwestlich der MArena angeordnet, Fußballstadion) zeigt gegenüber dem Ist-Zustand im Bereich westlich der B 38a (Neuhermsheim) mit der Variante B vergleichbare Strömungsmodifikationen.

Erwähnenswerte Unterschiede beschränken sich auf die Abstandsfläche zwischen MArena und Fußballstadion. Durch das südwestlich an die Marena anschließende Hotel wird der freie Strömungsquerschnitt verengt, was entlang der B 38a (Ostseite) vermehrt zu Stagnationserscheinungen führt. Bei hoher Frequentierung der Hotel- bzw. MArena Zufahrt und der Parkierungsflächen entlang der B38a kann dies erhöhte Immissionsbelastungen zur Folge haben.

6.1.1.2 Luftströmungen aus Ost-Südosten

Die **Abbildungen 29 - 36** geben die Ergebnisse der Strömungssimulationen für eine Nachtsituation mit ost-südöstlicher Strömung (mittlere Windgeschwindigkeit 1.5 m/s) wieder.

Mit Winden aus ost-südöstlichen Richtungssektoren ist im Planungsgebiet an klimaökologisch relevanten Strahlungstagen an ca. 16% der Nachtstunden zu rechnen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt dabei 1.0 m/s (Station *Neuhermsheim-E [3]*).

Ist-Zustand (Abbildungen 29, 30):
Die Abbildungen 29 und 30 zeigen das berechnete Windfeld des **Ist-Zustandes** in einer Höhe von 2 m ü.G. bzw. 9 m ü.G. für eine ost-südöstliche Strömung mit 1.5 m/s Geschwindigkeit in einer Höhe von 10 m ü.G.

Wiederum sind auf dem Bild des Ist-Zustandes die Luv- und Lee-Effekte von Gebäuden und des Straßendammes der B 38a erkennbar. Die im bodennächsten Luftraum (2 m ü.G.) durch die nutzungsspezifische Oberflächenrauhigkeit von 1.5 m/s (10 m ü.G.) in freien Lagen auf Werte bis ca. 1.0 - 1.1 m/s reduzierte Windgeschwindigkeit wird durch bauliche Strömungshindernisse weiter abgeschwächt. Auffallende Geschwindkeitsreduktionen sind im Windfeld 2 m ü.G. im Bereich der Harrlach-Gärten entlang der A 656 zu erkennen. Hier bewirkt die Oberflächenrauhigkeit der z.T. dichten Vegetationsbestände eine deutlich abgeschwächte bodennahe Ventilation.

Im Freiraum zwischen B 38a und Neuhermsheim ist die mittlere Windgeschwindigkeit durch den dammartigen Straßenverlauf nur in dessen unmittelbaren Nahbereich (50 bis 70 m Entfernung) spürbar vermindert.

Der gebäudespezifische Einfluss der bestehenden Bebauung Neuhermsheim auf den südöstlich vorgelagerten Freiraum reicht in der Strömungsschicht 2 m ü.G. ca. 70 m nach Ost-Südosten (Gewann Schanz/Tränkgrund)

In der Strömungsschicht 9 m ü.G. sind Windfeldmodifikationen weitgehend auf die Bebauung von Neuhermsheim beschränkt.

Planungsvariante B (Abbildungen 31 - 33):
Für die 2 m-Schicht (**Abbildung 31**) zeigen sich sowohl im Lee als auch im Luv der geplanten Baukörper (MArena/Hotel, Fußballstadion) prägnante Veränderungen des Windfeldes.
Wie anhand der Windvektorendarstellung verdeutlicht wird, entwickeln sich im Lee der MArena, des Hotels und des Fußballstadions ausgeprägte rückläufige Wirbel, die mit einer spürbaren Minderung der bodennahen Windgeschwindigkeit einhergeht. Nur an den luvseitigen Kanten kommt es zu Beschleunigungseffekten (erkennbar an den gegenüber dem Ist-Zustand etwas höheren Windgeschwindigkeiten zwischen MArena und Fußballstadion).

Die Zone der gebäudebedingten Windgeschwindigkeitsreduktion reicht westlich der MArena bis nahe an den Rand der Bebauung Neuhermsheim. Innerhalb der Bebauung von Neuhermsheim ergeben sich jedoch keine auffallenden Windgeschwindigkeitsmodifikationen. Hier überwiegt der Einfluss der dortigen Gebäude- und Flächennutzungsstruktur.
D.h., dass der Freiraum westlich der B 38a noch ausreichend dimensioniert ist, wesentliche Negativeffekte der geplanten Bebauung hinsichtlich des Ventilationsgeschehens aufzufangen. Von hoher Bedeutung sind dabei die in den Planungen bislang vorgesehenen Ventilationsbahnen nordöstlich und südwestlich der MArena.

Planungsvariante C (Abbildungen 34 - 36):
Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Variante C zeigen, dass sich durch die veränderte Gebäudekonstellation (Hotel südwestlich der MArena) bei ost-südöstlicher Anströmung im Freiraum zwischen B 38a und Neuhermsheim insgesamt etwas günstigere Belüftungsverhältnisse berechnen. Die Zone der gebäudebedingten Leewirbel beschränkt sich auf den Teilbereich zwischen MArena/Hotel und B 38a (vgl. **Abbildung 35**), so dass westlich der B 38a Stagnationstendenzen, gekennzeichnet durch mittlere Windgeschwindigkeiten unter 0.3 m/s, weitgehend unterbunden werden. Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen für die 9 m-Schicht wider (**Abbildung 36**).

6.1.1.3 Luftströmungen aus Süd-Südosten

Die Darstellung des Windfeldes für süd-südöstliche Anströmungen charakterisiert eine Situation mit vorherrschendem Regionalwind und leicht stabiler Luftschichtung.
Die ortsspezifischen Messungen von August - November 2001 zeigen, dass ist im Verlauf lokalklimatisch bzw. bioklimatisch relevanter Wetterlagen im Planungsgebiet (Station *Neuhermsheim-E [3]*) in der Nacht mit ca. 9% der Stunden mit Luftströmungen aus süd-südöstlichen Richtungen zu rechnen ist.

Für die prognostischen Windfeldsimulationen wurde wiederum eine Eingangsgeschwindigkeit von 1.5 m/s (10 m ü.G.) gewählt.

Ist-Zustand (Abbildungen 37, 38):
Vergleichbar der Situation mit südöstlichen und östlichen Strömungen weist der Ist-Zustand im Planungsgebiet "Bösfeld" östlich der B 38a die höchsten Freilandgeschwindigkeiten auf. Erst westlich der B 38a, am Übergang zur Bebauung Neuhermsheim wird als Folge des dammartigen Straßenverlaufs eine reduzierte Windgeschwindigkeit errechnet. Ausgeprägtere Lee-Effekte ergeben sich vor allem entlang der Abfahrt Neuhermsheim/MA-Zentrum. Hier sinken die mittleren Windgeschwindigkeiten stellenweise auf ca. 10% der Freilandgeschwindigkeit (1.0 - 1.1 m/s).

Auffallend ist wiederum die Windabschwächung im Bereich der Harrlach-Gärten. Hier bewirkt der dichte Vegetationsbestand eine Minderung der Freilandgeschwindigkeit um ca. 20 - 30% (2 m ü.G.).

In der Strömungsschicht 9 m ü.G. sind die Geschwindigkeitsreduktionen im Lee der B38a nur noch punktuell und äußerst schwach ausgebildet.

Planungsvariante B (Abbildungen 39, 40):
Bei süd-südöstlichen Winden beschränken sich die Windfeldmodifikationen durch die geplante Bebauung auf den Nahbereich der B 38a . Die Bebauung von Neuhermsheim sowie die Harrlach-Gärten (klimaökologischer Ausgleichsraum) zeigen gegenüber dem Ist-Zustand keine bemerkenswerten Windgeschwindigkeitsreduzierungen.
Innerhalb des Planungsgebietes heben sich vor allem die Freizone zwischen MArena und Fußballstadion sowie die Parkierungsflächen entlang der B 38a als Teilbereiche hervor, in denen Freilandgeschwindigkeiten erreicht werden. Dies unterstreicht die ausreichende Dimensionierung der bebauungsinternen Ventilationsbahnen.
Vor allem entlang der B 38a ist eine intensive Belüftung aus lufthygienischen Gründen vorteilhaft.

Die Simulationsergebnisse für die 9 m-Schicht zeigen deutlich geringere Windfeldmodifikationen im Vergleich zur Situation der 2 m-Schicht. Gegenüber der Ist-Situation sind westlich der B 38a nur noch kleinräumige Windabschwächungen zu erkennen.

Planungsvariante C (Abbildungen 41, 42):
Im Vergleich zur Variante B bleiben die zusätzlichen Windfeldmodifikationen auf den Nahbereich des Planungsgebietes beschränkt. Für die Bebauung von Neuhermsheim sowie die Harrlach-Gärten ergeben sich aus der veränderten Gebäudekonstellation keine erkennbaren Veränderung hinsichtlich der ortsspezifischen Strömungs - und Ventilationsverhältnisse.

Die Veränderungen des Windfeldes betreffen vorwiegend die Abstandsflächen (Ventilationsbahnen) zwischen MArena und Fußballstadion sowie zwischen MArena und B 38a.
Durch die Anordnung des Hotels südwestlich der MArena wird die klimaökologische Leistungsfähigkeit der Abstandsfläche zwischen MArena und Fußballstadion als Ventilationsbahn zwar etwas abgeschwächt, dem stehen jedoch günstiger zu wertende Verhältnisse entlang der B 38a gegenüber.

6.1.2 Thermische Situation

Die Auswertung der ortsspezifischen Klimadaten belegt, dass die vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Freiflächen östlich von Neuhermsheim einen bedeutsamen klimaökologischen Ausgleichsraum darstellen. Die über den Freiflächen an klimaökologisch relevanten Strahlungstagen nach Sonnenuntergang produzierte bodennahe Kaltluft führt innerhalb der angrenzenden Bebauung zu einer Intensivierung und Beschleunigung der abendlichen Abkühlung, was aus hummanbioklimatischer Sicht von hoher Bedeutung ist.

Zur beispielhaften Bewertung der geplanten Bebauung "Sportpark Mannheim" wird nachfolgend eine ausgewählte Situation diskutiert, um daraus den Grad der potentiellen thermischen Zusatzbelastung im Planungsumfeld abzuleiten. Im Sinne einer worst-case-Abschätzung wurde eine ost-südöstliche Anströmung gewählt, bei der sich die nächstgelegene Wohnbebauung Neuhermsheim im Lee des Planungsgebietes befindet.

Bei den 3-dimensionalen Modellrechnungen wird über die Berechnung des Windfeldes und des Strahlungshaushaltes der Einfluss der Bebauung, versiegelter Oberflächen und unterschiedlicher Vegetationsstrukturen die potentielle Lufttemperatur (2 m ü.G.) für verschiedene Tageszeiten bestimmt.

Bei den vorgegebenen Planfällen wurden die die Parkierungsflächen im Bereich der MArena und des Hotels als asphaltiert angenommen. Für die Stellflächen östlich der Xaver-Fuhr-Straße wurden Schotterflächen gewählt. Die Parkplätze sind nur locker von Gehölzen überstellt.

Ist-Zustand - Tagsituation (Abbildungen 43):

Bei Lufttemperaturen von 26.6 - 27.0 °C über den Ackerflächen des Planungsgebietes "Bösfeld" werden zu den wärmsten Bereichen im Rechengebiet Temperaturdifferenzen von ca. 0.8 bis 1.2 °C berechnet. Die verhältnismäßig geringen Temperaturunterschiede am Tag sind auf die tagsüber turbulente Durchmischung der unteren Luftschichten zurückzuführen.
Innerhalb der Bebauung Neuhermsheim werden maximale Lufttemperaturen von 27.4 °C berechnet. Kühlere Bereiche im Freiland stellen sich im Umfeld dicht gehölzüberstellter Flächen, beispielsweise im Bereich der Harrlach-Gärten, ein. Hier beträgt die berechnete Temperaturdifferenz zum unbeschatteten Freiland - bezogen auf das dargestellte Rechengebiet - ca. 1.0 °C.

Planungsvariante B, ohne und mit Berücksichtigung eines Fußballstadions - Tagsituation (Abbildungen 44, 45):

Der Vergleich zwischen Ist-Zustand und Planungsvariante B (ohne Berücksichtigung des Fußballstadions) zeigt für das Planungsgebiet eine flächenhafte Zunahme der Lufttemperatur um ca. 0.4 bis 1.7°C . In Bereichen mit versiegelten Stellflächen werden Temperaturmaxima von ca. 28.0 bis 28.4 °C berechnet. Nur in z.T. beschatteten Teilbereichen (z.B. zwischen MArena und B 38a) ist die Temperaturzunahme gegenüber dem Ist-Zustand gegen 14:00 Uhr auf 0.4 bis 0.6 °C begrenzt.

Westlich der B 38a ergibt sich in Richtung Neuhermsheim als Folge der Neubebauung und der veränderten Freiflächengestaltung eine Zunahme der Lufttemperatur von ca. 0.2 bis 0.4 °C.
Innerhalb der Bebauung von Neuhermsheim stellen sich keine bemerkenswerten Temperaturanstiege ein. Sie bleiben kleinräumig auf ca. 0.1 bis 0.2 °C begrenzt.

Bei Berücksichtigung eines langfristig geplanten Fußballstadions reichen die Lufttemperaturmodifikationen deutlich über die B38a hinweg nach West-Nordwesten hinaus.
Der zusätzliche Wärmeoutput des Fußballstadions (Wärmeabstrahlung der Wände und der versiegelten Erschließungsflächen) führt östlich des Brandenwegs gegenüber Variante B ohne Fußballstadion stellenweise zu einer zusätzlichen Temperaturerhöhung um ca. 0.2 bis 0.3 °C.
Im Vergleich zum Ist-Zustand stellen sich somit im Freiraum westlich von Neuhermsheim um ca. 0.4 bis 0.6 °C höhere Lufttemperaturen ein.
Innerhalb der Bebauung (westlich des Brandenwegs) von Neuhermsheim bleibt die Temperaturerhöhung auf 0.2 bis 0.4 °C beschränkt.

Planungsvariante C, ohne und mit Berücksichtigung eines Fußballstadions - Tagsituation (Abbildungen 46, 47):

Für Variante C ergeben sich westlich der B 38a mit der Variante B vergleichbare Temperaturverhältnisse.
Bemerkenswerte Unterschiede stellen sich nur im unmittelbaren Umfeld der MArena ein. Durch die Lage des Hotels südwestlich der MArena sind die Parkierungsflächen entlang der B 38a auf Höhe der Multifunktionshalle gegen 14:00 Uhr weitgehend unbeschattet, so dass hier in 2 m ü.G. um ca. 0.2 - 0.6°C höhere Lufttemperaturen simuliert werden.

Ist-Zustand - Nachtsituation (Abbildungen 48):

Die nächtliche Situation zeigt für den Ist-Zustand zwischen Freiland und angrenzender Bebauung Neuhermsheim max. Temperaturdifferenzen von ca. 2.0°C, was auch weitgehend den Ergebnissen der mobilen Messungen entspricht (vgl. Isothermenkarten). In den überbauten Bereichen sorgt das hohe Wärmespeicherungsvermögen der Baumaterialien (Stein, Asphalt) nach Sonnenuntergang gegenüber dem Freiland für einen verzögerten Temperaturrückgang.
Auch im Lee des Rhein-Neckar-Schnellweges (B 38a) ist ein leichter Temperaturanstieg zu erkennen, der auf die Wärmeabgabe der Asphaltdecke (B 38) zurückzuführen ist.
Niedrigste Lufttemperaturen (unter 14.8 °C) werden für den Bereich der Harrlach-Gärten und die luv-seitigen Lagen des Straßendammes (B 38a) berechnet. Auch dies steht in Einklang mit den Temperaturmessfahrten.

Planungsvariante B, ohne und mit Berücksichtigung eines Fußballstadions - Nachtsituation (Abbildungen 49, 50):

Der Vergleich zwischen Ist-Zustand und Planungsvariante B (ohne Fußballstadion) zeigt für die Bebauung des Planungsgebietes ein differenziertes Bild. Im Bereich der großflächig asphaltierten Parkplätze entlang der B 38a ergibt sich gegenüber dem Ist-Zustand eine Temperaturzunahme um bis zu 3.6 °C. Über den geschotterten Stellflächen entlang der A 656 und im Bereich der B 38a-Anschlussstelle im Südwesten des Rechengebietes bleiben die max. Temperaturdifferenzen zum Ist-Zustand auf 2.0 °C begrenzt.
Im Lee des Sportparks ist im Freiraum zwischen B 38a und Neuhermsheim im Vergleich zum Ist-Zustand bei der vorgegebenen Situation mit einer Lufttemperaturzunahme um 0.4 bis 0.8 °C zu rechnen, was aus klimaökologischer Sicht ein durchaus bemerkenswerten Wert darstellt.

Innerhalb der Bebauung von Neuhermsheim bleibt die prognostizierte Temperaturzunahme auf maximal 0.4 °C beschränkt. Dies unterstreicht die klimaökologische Ausgleichswirkung der Freiflächen zwischen Neuhermsheim und B 38a.

Sollte das langfristig geplante Fußballstadion realisiert werden, so wird in dessen Nahbereich zwar ebenfalls spürbare Dämpfung des abendlichen Temperaturrückganges zu registrieren sein, für die Bebauung von Neuhermsheim ergeben sich jedoch keine weiteren thermischen Negativeffekte.

Planungsvariante C, ohne und mit Berücksichtigung eines Fußballstadions - Nachtsituation (Abbildungen 51, 52):

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Variante C sind weitgehend mit den Berechnungen für die Variante B vergleichbar. Auffallende Differenzierungen ergeben sich nur im Nahbereich der MArena, die auf die Modifikation der Gebäudestellungen zurückzuführen sind.

Für die Bebauung von Neuhermsheim ergeben sich hieraus jedoch keine zusätzlichen thermischen Negativeffekte.

6.1.3 Immissionsberechnungen

Ausgehend von dem vorliegenden Verkehrsgutachten zur Verkehrsbelastung und Leistungsfähigkeit der Hauptverkehrsstraßen im Nahbereich des geplanten Sportparks wurde mit Hilfe des Screening-Modells MLuS-92, Stand 2000[9] (VDI-Richtlinie 3782, Bl. 8 - Entwurf) die aus dem zusätzlich zu erwartenden Straßenverkehr resultierende Immissionssituation abgeschätzt.

Im vorliegenden Fall wurde die profilhafte Immissionsbelastung zwischen der B 38a und Neuhermsheim (Profil A - A*) sowie zwischen der Ludwigshafener Straße und Neuhermsheim (Profil B B*) berechnet (s. **Abbildung 53**). Entlang des Profils Ludwigshafener Straße wurde die Lärmschutzwand mitberücksichtigt.

Die Immissionsberechnungen wurden beispielhaft für die Schadstoffe NO_2 und Benzol für den Ist-Zustand und den künftigen Zustand nach der Bebauung durchgeführt. Bezugszeitpunkt ist jeweils das Jahr 2004.
Die Grundbelastung wurde aus dem Luftreinhalteplan Großraum Mannheim/Heidelberg 1995 abgeleitet.

Tabellen 5 - 8:: Die Immissionen wurden entlang der Profile A - A*, B - B* in 10 m - Schritten berechnet und entsprechend der 23. BImschV für das 98-Perzentil von NO_2 und den arithmetischen Jahresmittelwert von Benzol jeweils für den Ist- und Prognosezustand aufgelistet.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die veranstaltungsbedingten Verkehrszusatzbelastungen keine gravierenden Veränderungen hinsichtlich der Immissionsbelastung in Neuhermsheim zu erwarten sind.

Legt man als Beurteilungsmaßstab den Immissionsgrenzwert der 23. BImschV. von 160 µg/m^3 zugrunde, so kann man davon ausgehen, dass es auch künftig entlang der B 38a (Profil A - A*) zu keinen Grenzwertüberschreitungen kommen wird.

Zwischen dem Prognosefall 0 (vgl. Kap. 5) und dem Szenario B (worst-case) werden hinsichtlich der Stickstoffdioxidbelastung um ca. 5% höhere Werte zu erwarten sein. Der Prüfwert wird unmittelbar am Straßenrand zu 79% und am Rand der Bebauung von Neuhermsheim zu ca. 73% erreicht. Hierzu ist anzumerken, dass die allgemeine Grundbelastung, die sich aus Hausbrand, industriellen Luftschadstoffen und dem Verkehr in der näheren Umgebung zusammensetzt, den Prüfwert bereits zu 71% erreicht.

[9] MLuS-92, Stand 2000: PC-Berechnungsverfahren zum Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch-Gladbach.

Vergleicht man die ermittelten Immissionswerte für den Luftschadstoff Benzol, so werden sich durch die planungsbezogene Verkehrszusatzbelastung in Neuhermsheim keine Mehrbelastungen einstellen. Die mit dem Ansteigen der Verkehrsbelastungen verbundenen Benzolzusatzimmissionen bleiben auf den Nahbereich der B 38a (0 - ca. 40 m) begrenzt.

Auch entlang der Ludwigshafener Straße (Profil B - B*) wird das zusätzlich prognostizierte Verkehrsaufkommen im Zuge von Veranstaltungen in der MArena in Neuhermsheim keine gravierenden Zusatzbelastungen mit Stickstoffdioxiden und Benzol bewirken.

Tabelle 5: *Ergebnisse der Immissionsberechnungen für NO_2 - Profil A - A**
(Prüfwert nach 23. BImSchHV 160 µg/m3 - 98-Prozent-Wert aller Halbstundenmittel eines Jahres)

Entfernung in m vom Straßenrand	Zusatzbelastung Prognose 0-Fall NO_2 µg/m^3	Zusatzbelastung Szenario A NO_2 µg/m^3	Zusatzbelastung Szenario B NO_2 µg/m^3	Gesamtbelastung durch Szenario B NO_2 µg/m^3
0 (A)	41.1	43.0	43.2	126.9
10	32.2	33.7	22.9	123.3
20	29.3	30.6	30.8	122.2
30	27.4	28.6	28.8	121.5
40	25.9	27.1	27.2	120.9
50	24.7	25.8	25.9	120.5
60	23.6	24.7	24.8	120.2
70	22.7	23.7	23.8	119.8
80	21.8	22.8	22.9	119.5
90	21.0	22.0	22.1	119.3
100	20.3	21.2	21.3	119.0
110	19.6	20.5	20.6	118.8
120	19.0	19.8	19.9	118.6
130	18.3	19.2	19.3	118.4
140	17.8	18.6	18.7	118.2
150	17.2	18.0	18.1	118.0
160	16.6	17.4	17.5	117.9
170	16.1	16.8	16.9	117.7
180	15.6	16.3	16.4	117.5
190	15.1	15.8	15.8	117.4
200	14.6	15.2	15.3	117.2
210	14.3	14.9	15.0	117.1
220	14.1	14.6	14.7	117.0
230	13.9	14.2	14.3	116.9
240 (A*)	13.8	14.1	14.2	116.9

Tabelle 6: *Ergebnisse der Immissionsberechnungen für Benzol - Profil A - A**
(Prüfwert nach 23. BImSchV 10 µg/m^3 - arithmetischer Jahresmittelwert)

Entfernung in m vom Straßenrand	Zusatzbelastung-Prognose 0-Fall Benzol µg/m^3	Zusatzbelastung Szenario A Benzol µg/m^3	Zusatzbelastung Szenario B Benzol µg/m^3	Gesamtbelastung durch Szenario B Benzol µg/m^3
0 (A)	0.38	0.42	0.43	3.82
10	0.23	0.25	0.26	3.66
20	0.19	0.21	0.21	3.61
30	0.16	0.18	0.18	3.58
40	0.15	0.16	0.16	3.56
50	0.13	0.15	0.15	3.55
60	0.12	0.13	0.13	3.53
70	0.11	0.12	0.12	3.52
80	0.10	0.11	0.11	3.51
90	0.10	0.11	0.11	3.51
100	0.09	0.10	0.10	3.50
110	0.08	0.09	0.09	3.49
120	0.08	0.09	0.09	3.49
130	0.07	0.09	0.09	3.48
140	0.07	0.08	0.08	3.48
150	0.06	0.08	0.08	3.47
160	0.06	0.07	0.07	3.47
170	0.06	0.07	0.07	3.46
180	0.05	0.06	0.06	3.46
190	0.05	0.05	0.05	3.45
200	0.05	0.05	0.05	3.45
210	0.05	0.05	0.05	3.45
220	0.04	0.04	0.04	3.44
230	0.04	0.04	0.04	3.44
240 (A*)	0.04	0.04	0.04	3.44

Tabelle 7: *Ergebnisse der Immissionsberechnungen für NO_2 -* ***Profil B - B**** *(Prüfwert nach 23. BImSchV 160 µg/m³ - 98-Prozent-Wert aller Halbstundenmittel eines Jahres)*

Entfernung in m vom Straßenrand	Zusatzbelastung Prognose 0-Fall NO_2 µg/m³	Zusatzbelastung Szenario A NO_2 µg/m³	Zusatzbelastung Szenario B NO_2 µg/m³	Gesamtbelastung durch Szenario B NO_2 µg/m³
10 (B)	16.9	17.2	17.3	117.8
20	17.9	18.2	18.3	118.1
30	17.5	17.8	17.9	118.0
40	16.9	17.2	17.3	117.8
50	16.2	16.5	16.6	117.6
60	15.6	15.8	15.9	117.4
70	14.9	15.1	15.2	117.2
80	14.3	14.5	14.6	117.0
90	13.7	14.0	14.0	116.8
100	13.2	13.4	13.5	116.7
110	12.7	12.9	13.0	116.5
120	12.3	12.5	12.6	116.4
130	11.9	12.1	12.1	116.3
140	11.5	11.7	11.8	116.2
150	11.2	11.3	11.4	116.1
160	10.9	11.0	11.1	116.0
170	10.6	10.8	10.8	115.9
180	10.4	10.6	10.6	115.8
190	10.2	10.4	10.4	115.8
200	10.0	10.2	10.2	115.7
210	9.8	10.0	10.0	115.7
220	9.7	9.9	9.9	115.6
230	9.6	9.7	9.7	115.6
240 (B*)	9.5	9.6	9.6	115.5

Tabelle 8: *Ergebnisse der Immissionsberechnungen für Benzol* ***- Profil B - B**** *(Prüfwert nach 23. BImSchV 10 µg/m³ - arithmetischer Jahresmittelwert)*

Entfernung in m vom Straßenrand	Zusatzbelastung-Prognose 0-Fall Benzol µg/m³	Zusatzbelastung Szenario A Benzol µg/m³	Zusatzbelastung Szenario B Benzol µg/m³	Gesamtbelastung durch Szenario B Benzol µg/m³
10 (B)	0.15	0.15	0.15	3.55
20	0.14	0.14	0.15	3.55
30	0.13	0.13	0.13	3.53
40	0.12	0.12	0.12	3.52
50	0.11	0.11	0.11	3.51
60	0.10	0.10	0.10	3.50
70	0.09	0.09	0.09	3.49
80	0.08	0.08	0.08	3.49
90	0.08	0.08	0.08	3.48
100	0.07	0.07	0.07	3.47
110	0.07	0.07	0.07	3.47
120	0.06	0.06	0.06	3.46
130	0.06	0.06	0.06	3.46
140	0.05	0.05	0.05	3.46
150	0.05	0.05	0.05	3.45
160	0.05	0.05	0.05	3.45
170	0.05	0.05	0.05	3.45
180	0.04	0.04	0.04	3.44
190	0.04	0.04	0.04	3.44
200	0.04	0.04	0.04	3.44
210	0.04	0.04	0.04	3.44
220	0.03	0.03	0.03	3.43
230	0.03	0.03	0.03	3.43
240 (B*)	0.03	0.03	0.03	3.43

6.2 Maimarktgelände

Wie bereits erwähnt, ist auf dem Maimarktgelände der Bau von zwei neuen Messehallen geplant (s. **Abbildung 1**). Zur Prüfung der klimaökologischen Folgeerscheinungen wurden numerische Modellrechnungen (Strömungssimulationen) durchgeführt.

Die Rechnungen wurden für den Ist- und Planzustand für zwei klimaökologisch relevante Strömungssituationen durchgeführt.

a) Nächtliche Regionalströmung aus Osten mit 1.5 m/s (10 m ü.G.)

b) Nächtliche Regionalströmung aus Ost-Südosten mit 1.5 m/s (10 m ü.G.)

Der Gebietsausschnitt von 1.300 m in West-Ost-Ausdehnung, 940 m in Süd-Nord-Ausdehnung und 80 m Höhe wurde in ca. 400.000 Volumenzellen unterteilt.

Die **Abbildungen 54** und **55** zeigen das berechnete Windfeld für den Ist-Zustand in einer Höhe von 2 m ü.G. und 9 m ü.G. für eine östliche Strömung mit 1.5 m/s Geschwindigkeit in einer Höhe von 10 m ü.G **(Nachtsituation)**. Gebäude und Straßenzüge sind grau unterlegt.

Deutlich erkennbar sind auf dem Bild des Ist-Zustandes die Luv- und Lee-Effekte der Gebäude und die reduzierte mittlere Windgeschwindigkeit im Bereich von Gehölzflächen am Rande des Maimarktgeländes (2 m ü.G.). Die im bodennächsten Luftraum (2 m ü.G.) durch die Oberflächenrauhigkeit des Bodens und der Vegetation von 1.5 m/s (10 m ü.G.) auf Werte zwischen 0.9 m/s (im Bereich von Sträuchern und Bäumen) und 1.1 - 1.3 m/s (z.B. Flugplatz) reduzierte Windgeschwindigkeit in freien Lagen wird durch bauliche Strömungshindernisse weiter abgeschwächt. So werden im Lee der Maimarkthalle sowie in Teilbereichen des Fertighauszentrums gegenüber dem Flugplatzgelände Windgeschwindigkeitsreduzierungen um bis zu 85% berechnet.
Die Verteilung der mittleren Windgeschwindigkeit im Planungsgebiet dokumentiert, dass sich gebäudebedingten Windgeschwindigkeitsmodifikationen weitgehend auf das Maimarktgelände und die westlich der Xaver-Fuhr-Straße angelegten Parkierungsflächen begrenzen. Die Funktionsfähigkeit des Flugplatzgeländes als Ventilationsbahn und stadtnaher klimaökologischer Ausgleichsraum wird nur unwesentlich tangiert (vgl. auch **Abbildung 55**).

Die Simulation des Strömungsgeschehens für den Plan-Zustand (östliche Anströmung) - **Abbildungen 56 - 58** - verdeutlicht, dass das Windfeld innerhalb des Maimarktgeländes selbst zwar deutlich modifiziert ist, bei der angenommenen Gebäudeanordnung die klimaökologischen Negativeffekte (Abschwächung der bodennahen Ventilation) westlich der Xaver-Fuhr-Straße weitgehend aufgefangen werden können. Im Bereich des Flugplatzes stellen sich hinsichtlich des Strömungsgeschehens gegenüber dem Ist-Zustand keine bemerkenswerten Veränderungen ein. Dies wird auch anhand der Darstellung der Windvektoren (**Abbildung 57**) ersichtlich.

Vergleichbare Ergebnisse ergeben sich für ost-südöstliche Anströmungen (**Abbildungen 59 - 63**). Auch bei dieser Situation bleiben wesentliche Negativeffekte auf das Maimarktgelände selbst beschränkt. Hierbei macht sich die großzügige Abstandsfläche zum Gewerbegebiet Mühlfeld positiv bemerkbar.

7. Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse im Umfeld des Planungsgebietes Messe-/Sportpark Mannheim und Planungsempfehlungen

Das klimaökologische Wirkungsgefüge im Umfeld des Planungsgebietes Messe- und Sportpark Mannheim wird sowohl von der angrenzenden Bebauung als auch durch die Lagebeziehung zu den östlich und südöstlich angrenzenden Freiräumen (Kloppenheimer Feld, Niederfeld) bestimmt.
Innerhalb bestimmter Teilbereiche, seien dies Bebauung oder Freiflächen, können sich aufgrund klimatischer Wechselwirkungen mit dem näheren und weiteren Umfeld klimaökologische Positiv- und/oder Negativeffekte entwickeln, deren Kenntnis für die Analyse des klimaökologischen bzw. stadtklimatischen Wirkungsgefüges eines Gebietes und die Beurteilung seines klimaökologischen Stellenwertes unerlässlich ist.

Die ortsspezifischen Grundlagendaten des 3-monatigen Untersuchungszeitraumes August bis November 2001 sowie die Daten früherer Untersuchungen weisen darauf hin, dass sich im Untersuchungsgebiet ein differenziertes Klimageschehen einstellt, das sich sowohl in der thermischen Situation als auch in der Ventilation ausdrückt. Typisch ist die am Tag stärkere Erwärmung auch über vegetationsbedeckten Flächen und die intensive und rasche Abkühlung im Freiland sowie in bestimmten Teilbereichen am Übergang zur Bebauung.

Die Erkenntnisse aus der Klimastudie dokumentieren, dass der Grünzug Südost in Anbetracht der bisherigen Flächennutzung sowohl für die direkt angrenzenden Stadtgebiete Neuhermsheim, Hochstätt, Seckenheim, Mühlfeld und Neuostheim als auch für die Stadtteile Neckarau, Schwetzingerstadt/Oststadt klimaökologische Positiveffekte bewirkt. Dabei ist die Leistungsfähigkeit des südöstlichen Freiraumes in hohem Maße auf seine Vernetzung mit den klimaökologischen Ausgleichsräumen Dossenwald und Mittelfeld/Niederfeld zurückzuführen. Dies konnte durch die vertiefende Analyse bestätigt und präzisiert werden.

Hinsichtlich der klimaökologischen Funktionsabläufe stellt sich dieses Freiraumgefüge recht komplex dar. Am Tag funktionieren die klimaökologischen Ausgleichsräume als breit angelegte Ventilationsbahnen, über welchen Luftmassen der höheren Atmosphäre in Bodennähe durchgreifen können und somit für die angrenzende Bebauung wesentliche Belüftungseffekte bewirken.

In der Nacht bestimmen an Strahlungstagen (ca. 25 bis 30% der Tage im Jahr) sowohl regional angelegte als auch lokale (flurwindartige) Effekte das ortsspezifische Klimageschehen.
Deutlich wird dies im tagesperiodischen Wechsel der Windrichtungsverteilung (vgl. **Abbildungen 10** und **11** - Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit an Strahlungstagen).
Während am Tag großwetterlagenbedingt bevorzugt südwestliche Luftströmungen auftreten, bestimmen nach Sonnenuntergang nordöstliche bis südöstliche Strömungen das Ventilationsgeschehen. Die daraus resultierenden klimatischen und lufthygienischen Positiveffekte werden im Freiland und in der Bebauung wirksam.

Trotz der Kammerung des Geländes (Autobahntrasse, Schnellstraße mit z.T. dammartigem Verlauf) stellt sich die klimaökologische Situation im Umfeld des Planungsgebietes noch recht günstig dar, da vorhandene Freiräume (Mühlfeld/Niederfeld, Bösfeld/Kloppenheimer Feld) aufgrund ihrer Lage und Ausdehnung noch wesentliche klimaökologische Gunstwirkungen - Kalt- und Frischluftzufuhr, Ventilationseffekte - für die angrenzende Bebauung erbringen können.

Um die Empfindlichkeit der Freiraumradiale gegenüber Nutzungsänderungen bewerten zu können, wurden auf Grundlage der Stationsdaten und Geländeuntersuchungen umfangreiche numerische Modellrechnungen durchgeführt. Dabei wurden sowohl die strömungsbedingten als auch die thermischen und lufthygienischen Modifikationen durch den geplanten Messe- und Sportpark Mannheim analysiert.

Als Teilbereich des Freiraumgefüges weist das Planungsgebiet bezüglich seiner klimaökologischen Leistungsfähigkeit eine nicht zu unterschätzende Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen in Form von Flächenversiegelung und Hochbau auf. Im konkreten Fall der potentiellen Neubebauung im Bereich des Maimarktgeländes und im Bösfeld bedeutet dies, dass die Planung auf die klimaökologischen Belange derart abgestimmt wird, dass die gegenwärtig vorherrschende klimaökologische Qualität in der bestehenden Bebauung weitgehend erhalten werden kann.

Aus Sicht der Klimaökologie sind für das Planungsgebiet Messe- und Sportpark Mannheim und sein Umfeld u.a. folgende Faktoren von entscheidender Bedeutung.

- Das Kloppenheimer Feld und das Niederfeld bleiben auf Dauer als großer zusammenhängender Teilbereich des südöstlichen Freiraumes erhalten. Zwischen der geplanten Erweiterung von Hochstätt und dem Sportpark Bösfeld (inkl. des langfristig geplanten Fußballstadions) ist zukünftig eine Freizone von mindestens 500 m Breite zu sichern.
- Südlich der A 656 ist eine ca. 200 bis 250 m breite Freizone zu sichern (südliche Grenze Bösfeld Weg I), die als Ventilationsbahn zwischen Maimarktgelände und zukünftigem Sportparkareal funktionieren soll und über die Harrlach-Gärten ihre Fortsetzung in Richtung Kernstadt findet. Der Bösfeld Weg I sollte auch die nördliche Grenze einer Hochstätt-Erweiterung darstellen.
- Eine potentielle Bebauung ist derart anzuordnen, dass sich sowohl in Ost-Südost - West-Nordwest-Richtung als auch in Nordost-Südwest-Richtung auf die Bebauungsstruktur abgestimmte, kammartige Ventilations- und Belüftungsbahnen ergeben.
- Die gebietsinterne Flächennutzung ist derart aufeinander abzustimmen, dass verbleibende Freiflächen/Abstandsflächen die Möglichkeit bieten, mit Hilfe grünordnerischer Maßnahmen stadtklimatisch relevante Ausgleichsmaßnahmen zu realisieren, die sich nicht nur auf das Eigenklima und die klimaökologische Qualität der Neubebauung positiv auswirken, sondern auch dazu beitragen, dass die klimaökologische Qualität in der bestehenden Bebauung (u.a. Neuhermsheim) trotz der geplanten Neubebauung möglichst auf dem gegenwärtigen Niveau gehalten werden kann.

In dem vom Planungsbüro AS&P, Frankfurt a. M. vorgelegten städtebaulichen Strukturkonzept und dem städtebaulichen Rahmenplan "Sportpark Mannheim" sind schon wesentliche Forderungen konkretisiert.

Zielvorstellung einer begrenzten Flächeninanpruchnahme im Bereich Bösfeld - Ausgestaltung einer funktionsfähigen Ventilationsbahn entlang der A 656:

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Klimamessungen zeigen, nimmt der Freiraum Bösfeld/Kloppenheimer Feld zwischen Neuhermsheim und Hochstätt im ortsspezifischen Klimageschehen des südöstlichen Stadtgebietes einen hohen Stellenwert ein. Die von diesem Freiraum auf die bestehende Bebauung einwirkenden Ventilationseffekte, die sowohl thermisch als auch lufthygienisch positiv wirken, sind langfristig zu sichern.

Dies kann bei der Realisierung eines Sportparks Bösfeld nur durch den Erhalt ausreichend dimensionierter Ventilationsbahnen erreicht werden. Unter Berücksichtigung der beabsichtigten Bebauungsstruktur ist dabei für derartige Strömungsleitlinien entlang der A 656 eine Breite von ca. 200 m und gebietsintern von mindestens 50 bis 80 m (abhängig von ihrer Lage) zu fordern. Derart dimensionierte Freizonen besitzen nicht nur eine passive Funktion als Strömungsleitlinie, sondern können bei entsprechender grünordnerischer Gestaltung auch aktiv als Kaltluftproduktionsflächen wirken. Zudem unterbinden Freizonen in dieser Größenordnung eine durch Luv- und Lee-Effekte der geplanten Bebauung hervorgerufene additive Verminderung der bodennahen Ventilation.

Als Form grünordnerischer Gestaltung ist die Anordnung durchströmbarer Vegetation anzustreben. D.h., dass auf dichte oder riegelartige Begrünung zugunsten einer lockeren Gehölzstellung weitgehend verzichtet wird.

Die Grünplanung muss in Einklang mit der geplanten Bebauung einhergehen, damit ungünstige Barrierewirkungen vermieden werden.

Städtebauliches Strukturkonzept Messe- und Sportpark Mannheim:

Das städtebauliche Strukturkonzept (3. Realisierungsstufe) - **Abbildung 1** -, der städtebauliche Rahmenplan - **Abbildung 3** - bzw. die Entwürfe für die MArena - **Abbildungen 21, 22** - sehen südlich der A 656 eine ca. 30 m hohe Multifunktionshalle (MArena), Golf- und Baseballanlagen, einen Hotelkomplex sowie ein Fußballstadion vor. Die Erschließung erfolgt über eine nordwestliche Randstraße entlang der B 38a sowie über eine Straßenbahnlinie, die das Planungsgebiet in Nord-Nordost - Süd-Südwest-Richtung gliedert. Parkierungsflächen sind entlang der A 656 sowie im südlichen Teilbereich des Planungsgebietes entlang der B 38a vorgesehen.

Die Planung greift die Forderung nach einer funktionsfähigen Ventilationsbahn entlang der A 656 in Richtung Kernstadt auf. Zur Multifunktionshalle bzw. zur Hotelanlage ist eine ca. 200 m breite, weitgehend barrierefreie Freizone (Parkierungsflächen) geplant, die strömungsgünstig, d.h. nur lokker mit Gehölzen überstellt ist.

Zwischen MArena und Fußballstadion sind Anlagen für Baseball und Golf eingefügt, die infolge ihrer baulichen Ausgestaltung ausreichend Raum für interne klimarelevante Grün- und Freiflächen bieten.

Beurteilung/Planungsempfehlungen:

Die von Seiten der Klimaökologie im Planungsgebiet Bösfeld zu fordernden Ventilationsbahnen bzw. Strömungsleitlinien werden in ausreichendem Maße berücksichtigt. Wie die Ergebnisse der Modellrechnungen belegen, sind die Baustrukturen derart gegliedert und ausgeformt, dass ein bodennahes Einströmen und Durchströmen bodennaher Kaltluft erreicht wird.

Die MArena sowie das Fußballstadion sind aufgrund ihrer Lage und der vorgesehenen Abstandsflächen zur Bebauung Neuhermsheim allseitig umströmbar, so dass der mit der Bebauung einhergehende Verlust klimaökologisch passiv wirkender Flächen (strömungsoffene Freiflächen) aus klimaökologischer Sicht noch akzeptiert werden kann. Zwischen den für die Lage des Hotels vorgesehenen Optionen B und C ergeben sich aus klimaökologischer Sicht keine gravierenden Unterschiede.

Die Parkierungsflächen entlang der A 656 sollten wasserdurchlässig angelegt werden, um thermische Negativeffekte zu minimieren.

Die von den versiegelten bzw. teilversiegelten Stellplatzflächen ausgehenden thermischen Belastungen, sind durch die Pflanzung großkroniger Bäume zu minimieren. Zur Sicherung der Durchlüftungsfunktion sollten die vorgesehenen Baumpflanzungen locker, d.h. allseitig umströmbar angeordnet sein. Ein überschlägiges Maß für aufgelockerte, intensiv durchströmbare Baumstellungen ergibt sich aus der Distanz benachbarter ausgewachsener Baumkronen. Der Pflanzbestand sollte so bemessen sein, dass zwischen zwei ausgewachsenen Baumkronen der Abstand (=Kronendurchmesser) von mindestens zwei ausgewachsenen Baumkronen Platz findet. Mögliche Hecken zur Gliederung der Parkplätze sollten eine Wuchshöhe von ca. 1.5 m nicht wesentlich überschreiten.

Entlang der Xaver-Fuhr-Straße kann eine alleeartige Baumstellung akzeptiert werden, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass im Kreuzungsbereich der Ventilationsbahnen eine lockere Baumstellung zu wählen ist. Der Pflanzbestand sollte so bemessen sein, dass zwischen zwei ausgewachsenen Baumkronen der Abstand (=Kronendurchmesser) von mindestens einer ausgewachsenen Baumkrone Platz findet

Zielvorstellung zur Sicherung eines günstigen Eigenklimas innerhalb der geplanten Bebauung:

Zur Sicherung eines günstigen Eigenklimas im Planungsgebiet Bösfeld ist eine möglichst netzartige Struktur von Frei- und Abstandsflächen zu empfehlen. Sie soll gewährleisten, dass bei klimaökologisch besonders relevanten Strahlungswetterlagen sowohl am Tag als auch in der Nacht eine ausreichende bodennahe Ventilation stattfinden kann. Während Erschließungsstraßen, Fußwege, Stellflächen, platzartige Aufweitungen des Straßenraumes und befestigte Sportanlagen (z.B. Skateranlage) dabei ausschließlich als Strömungsleitlinien dienen, funktionieren gebietsinterne, vegetationsbedeckte Freizonen zudem aktiv als thermische Gunstflächen.

Städtebauliches Strukturkonzept Messe- und Sportpark Mannheim:
Südöstlich der MArena ist ein Driving Range (Golf) geplant, der entsprechend grünordnerisch gestaltet werden kann. Zusätzliche Grünflächen können durch die Realsierung von Bolzplätzen und Baseball-Übungsanlagen entstehen.
Entlang der Straßenbahn- und Busspur ist an eine alleeartige Begrünung gedacht.

Beurteilung/Planungsempfehlungen:
Die bislang vorgesehene Flächennutzung bietet noch Möglichkeiten klimaökologisch aktiv (z.B. Kaltluftproduktion) und passiv (Strömungsleitlinie) wirkende Flächen auszuweisen. Die Anlage des Driving Ranges ist z.T. als aktiv wirkender Ausgleichsraum zu bewerten, der aufgrund seiner Dimensionierung derart ausgeformt werden kann, dass dies interne klimaökologische Gunsteffekte bewirkt (z.B. Dämpfung thermischer Belastungen am Tag, rasche Abkühlung nach Sonnenuntergang). Die Erschließungsstraßen und -wege, die Parkierungsflächen sowie die Abstandsflächen zwischen den einzelnen Sportanlagen bilden eine netzartige Struktur von strömungsoffenen Flächen. Sie gewährleisten eine intensive Belüftung des Planungsgebietes und somit die Ausbildung eines günstigen Eigenklimas.
Bei der weiteren Planung des Flächenutzungskonzeptes östlich der Xaver Fuhr Straße sollte darauf geachtet werden, dass im Bereich der Abstandsfläche zwischen der MArena/Hotel und dem in Diskussion stehenden Fußballstadion keine größeren Gebäude angeordnet werden, die die Duchlüftungsfunktion der Abstandsfläche beeinträchtigen würden.
Zur Kompensation thermischer Negativeffekte und als Ausgleichsmaßnahme zur Versiegelung der Flächen ist für die geplante "MArena-Trainingshalle" eine wenigstens 80%-ige Dachbegrünung (über die gesamten Dachflächen gerechnet) vorzusehen. Desweiteren sollten an geeigneten Flächen Wandbegrünung in Form von Rankgrün vorgesehen werden.

Zielvorstellung hinsichtlich der baulichen Entwicklung auf dem Maimarktgelände:
Neben den Freiräumen Bösfeld und Kloppenheimer Feld südlich der A 656 kommen den landwirtschaftlich genutzten Flächen in den Bereichen Mühlfeld und Niederfeld hohe klimaökologische Bedeutung zu. Sie sind wesentliche Bestandteile der südöstlichen Freiraumradialen, die über das Flugplatzgelände bis in die Bereiche Schwetzingerstadt/Oststadt, Neuostheim/Luisenpark reicht.
Zur Sicherung ihrer klimaökologischen Funktion als Ventilationsbahn und klimaökologisch aktiv wirkender Ausgleichsraum muss eine bauliche Erweiterung des GE Mühlfeld auf den unmittelbaren Bereich südlich der Hans-Thoma-Straße begrenzt bleiben.
Bauliche Erweiterungen (Hallen, Verwaltungsgebäude etc.) im Bereich des Maimarktes sind nach Norden möglich, beschränkt auf das derzeitige Messeareal.

Städtebauliches Strukturkonzept Messe- und Sportpark Mannheim:
Das städtebauliche Strukturkonzept sieht die Anordnung der geplanten Messehallen nördlich der bestehenden Maimarkthalle vor. Sie befinden sich noch auf dem Gelände des derzeitigen Messeareals.

Beurteilung/Planungsempfehlungen:
Die geplante Flächennutzungsänderung im Bereich des Messegeländes entspricht den klimaökologischen Zielvorstellungen. Die Bebauung erfolgt auf dem derzeitigen Areal.
Die Ergebnisse der prognostischen Modellrechnungen belegen, dass geäudebedingte Strömungsmodifikationen weitgehend auf den unmittelbaren Nahbereich des Maimarktgeländes beschränkt bleiben, so dass zwischen GE-Mühlfeld und dem Maimarktgelände sowie auf dem Flugplatzgelände funktionsfähige klimaökologische Ausgleichsräume gesichert werden.
Die geplante Ansiedlung der Feuerwache bildet im klimaökologischen Wirkungsgefüge des Flugplatzgeländes keinen gravierenden Störfaktor.

Zielvorstellung zur Sicherung der klimaökologischen Aktiv- und Passivwirkung des Freiraumes Mannheim-Südost:
Zum Erhalt wesentlicher klimaökologischer Gunsteffekte (Frisch- und Kaltluftproduktion, Ventilationseffekte) für das südöstliche Stadtgebiet von Mannheim sollte der südöstliche Freiraum (Flugplatz, Niederfeld westlich der A 6, Kloppenheimer Feld und Bösfeld) eine Fläche von ca. 300 ha nicht unterschreiten (vgl. ÖKOPLANA 1991[10]).
Dabei ist von Bedeutung, dass sich diese Fläche nicht aus kleinräumigen, isolierten Teilflächen, sondern aus wenigen, breit vernetzten Flächen zusammensetzt.

Städtebauliches Strukturkonzept Messe- und Sportpark Mannheim:
Das städtebauliche Strukturkonzept Messe- und Sportpark Mannheim sieht eine Teilbebauung des Freiraumes Bösfeld vor. Zusätzlich ist auf dem Flugplatzgelände die Ansiedlung der Feuerwache geplant.
Durch die geplanten Baumaßnahmen ist im Bereich Bösfeld insgesamt mit einem Verlust von ca. 165.000 m^2 (MArena, Baseball, Stadion, Baseball, Hotel) aktiv bzw. passiv wirkender klimaökologischer Ausgleichräume zu rechnen. Die Golfanlage kann auf Grund ihrer Flächennutzung größtenteils als klimaökologisch wirksame Ausgleichsfläche definiert werden.
Berücksichtigt man zudem die geplante Ausdehnung der Reitsportanlage und die vorgesehene Feuerwache auf dem Flugplatzgelände, so verbliebe westlich der A 6 zwischen dem GE Mühlfeld/Neuostheim, Neuhermsheim, Rangierbahnhof und Hochstätt eine klimaökologisch wirksame Freifläche von ca. 270 ha.

Beurteilung/Planungsempfehlungen:
Das vorgelegte städtebauliche Strukturkonzept greift die Forderung nach breitvernetzten Freiräumen auf. Entlang der A 656 ist eine ca. 200 m breite, weitgehend barrierefreie Freizone (Parkierungsflächen) geplant, die strömungsgünstig, d.h. nur locker mit Gehölzen überstellt ist.
Die verbleibenden Freiflächen westlich der A 6 (ca. 270 ha) bilden noch ein klimaökologisch wirksames Gunstpotential für das südöstliche Stadtgebiet von Mannheim.

---

[10] **ÖKOPLANA (1991):** Gutachterliche Stellungnahme aus klimaökologischer Sicht zur baulichen Entwicklung im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim - große Erweiterung Hochstätt und Erweiterung Neuhermsheim. Mannheim.

Bei Realisierung des Sportparks Bösfeld ist eine zukünftige große Erweiterung Hochstätt (23 ha)[11] aus klimaökologischer Sicht nicht zu akzeptieren. Durch eine großflächige bauliche Erweiterung würden weitere wesentliche Bestandteile der Freiraumradiale Südost in Anspruch genommen. Die zunehmende Kammerung des Freiraumes hätte zur Folge, dass das klimaökologische Leistungsvermögen der Freiraumradiale derart geschwächt würde, dass wesentliche bioklimatische und lufthygienische Gunsteffekte (z.B. Kalt- und Frischluftproduktion, Intensivierung der bodennahen Ventilation) für das südöstliche Stadtgebiet von Mannheim verloren gingen.
Für den Stadtteil Hochstätt sind daher allenfalls noch kleinräumige Arrondierungsmaßnahmen (max. 8 ha - kleine Erweiterung Hochstätt) vorzusehen.

Aus Sicht der Klimaökologie sind mit dem städtebaulichen Strukturkonzept und den vorgelegten Planungsentwürfen schon wesentliche Grundlagen für die klimaverträgliche Entwicklung eines endgültigen Planungskonzeptes für den Messe- und Sportpark Mannheim geschaffen.
Die Ergebnisse der zur Beurteilung der Planungen durchgeführten Untersuchungen lassen keine Auswirkungen erwarten, die aufgrund ihrer Qualität und Intensität als Ausschlusskriterium für deren Realisierung eingestuft werden müssen. Unvermeidbare Beeinträchtigungen, die sich aus den Projekten ergeben, können weitgehend gemindert werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Flächeninanspruchnahme auf die Größenordnung des vorliegenden Planungskonzeptes begrenzt bleibt. Eine zukünftige bauliche Erweiterung nach Südosten (Bösfeld) bzw. nach Norden (Maimarktgelände) ist aus klimaökologischer Sicht nicht zu empfehlen. Die verbleibenden Freiflächen im Mühlfeld, Niederfeld, Bösfeld und Kloppenheimer Feld bilden einen klimaökologischen Ausgleichsraum, der aufgrund seiner Größe noch bedeutsame Gunsteffekte (u.a. Zufuhr von Kaltluft) für die angrenzende Bebauung erbringt.

gez. A. Burst

ÖKOPLANA

[11] vgl. **STADT MANNHEIM (1992):** Mannheim 2000 - Modell Räumliche Ordnung. Arbeitsgruppe Mannheim 2000. Mannheim.

Literatur

BRUSE, M. 1999: ENVI-met - Mikroskaliges urbanes Klimamodell. Bochum.

BUNDESANSTALT FÜR STRASSENWESEN (2000): MLus-92 - Stand 2000, PC-Berechnungsverfahren zum Merkblatt über Luftverunreinigungen. Bergisch Gladbach.

DEUTSCHER WETTERDIENST 2001: Die Großwetterlagen Europas. Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach a. M.

EICHHORN, J. 1998: MISKAM **-** Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell. Mainz.

FELDHAUS, G., HANSEL, H. 1997: Bundesimmissionsschutzgesetz. 11. Aufl. Heidelberg.

GEIGER, R. 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.

INFRAS 1999: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. CH-Bern.

ÖKOPLANA 1986: Klimaökologische Untersuchung Mannheim-Südost. Mannheim.

ÖKOPLANA 1990: Gutachterliche Stellungnahme aus klimaökologischer Sicht zur baulichen Entwicklung im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim - große Erweiterung Hochstätt und Erweiterung Neuhermsheim. Mannheim.

ÖKOPLANA 1991: Kurzdarstellung der Ergebnisse einer vertiefenden klimaökologischen Untersuchung zur Stadtentwicklung Mannheim-Südost. Mannheim.

ÖKOPLANA 1992: Klimaökologische Analyse im südöstlichen Stadtgebiet von Mannheim. Mannheim.

ÖKOPLANA 1994: Klimaökologische Studie im Bereich des Rangierbahnhofs Mannheim zur Beurteilung möglicher klimatischer Folgeerscheinungen eines geplanten DB-Frachtzentrums. Mannheim.

STADT MANNEIM 1992: Mannheim 2000. Modell Räumliche Ordnung. Arbeitsgruppe 2000. Mannheim.

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1995: Luftreinhalteplan Großraum Mannheim/ Heidelberg. Karlsruhe.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1998): VDI 3782, Bl. 8. Umweltmeteorologie. Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen. Düsseldorf.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1996): VDI 3787, Bl. 2. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima. Düsseldorf.

Städtebauliches Strukturkonzept Messe- und Sportpark Mannheim

Variante A optimiert

Feuerwehr
14200 qm

5200 Stpl.

bereits bestehende Abfahrt

910 Stpl.

Stpl.-Summe nördl. A656
7740 Stpl. u. 25 Bus-Stpl.
(ohne Bedarfsstpl. auf Flugfeld)

190 Stpl. und Lkw-Standspur

Halle

Halle

Halle Bestand

Maimarkt- und Messegelände

590 Stpl.

700 Stpl.

25 Busstpl.

Fertighaus-ausstellung

150 Stpl.

Reitsport

500 Stpl.

MArena
37.000 qm

1900 Stpl.

Busse?

Hotel
8.800 qm

Abwassersammler

2550 Stpl.

Bolzen

Baseball
32.400 qm

Golf
50.500 qm

Baseball Übung
15.600 qm

Driving Range

Skaten

800 Stpl.

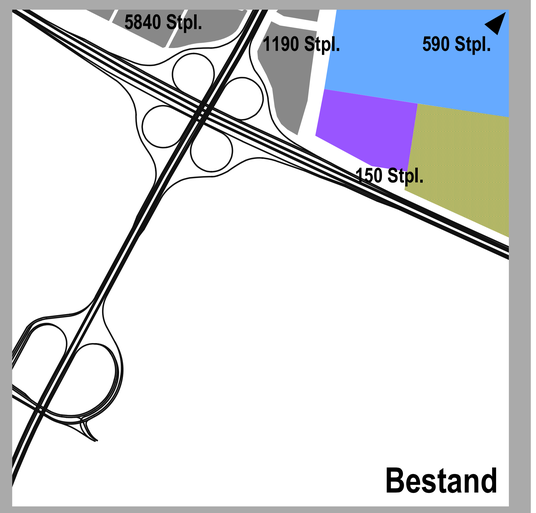
Fußball
70.000 qm

S-Bahnhof

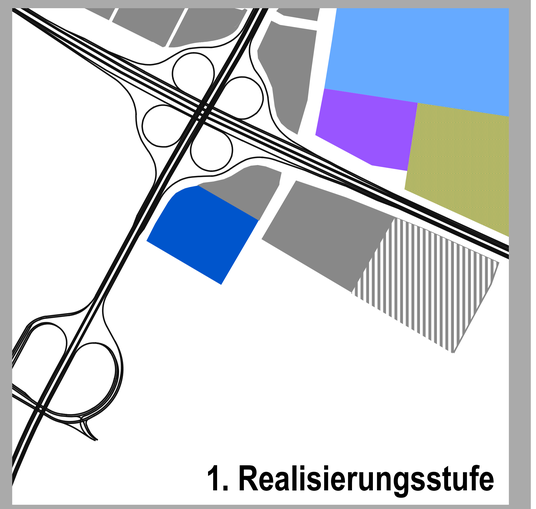
Stpl.-Summe im Bösfeld
3200 Stpl., zuzüglich
2550 Stpl. auf Erweiterungs-fläche

M 1:2500

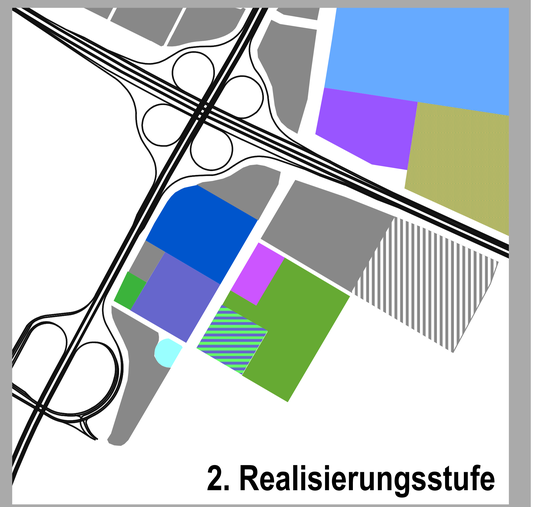
3. Realisierungsstufe



Bestand



1. Realisierungsstufe



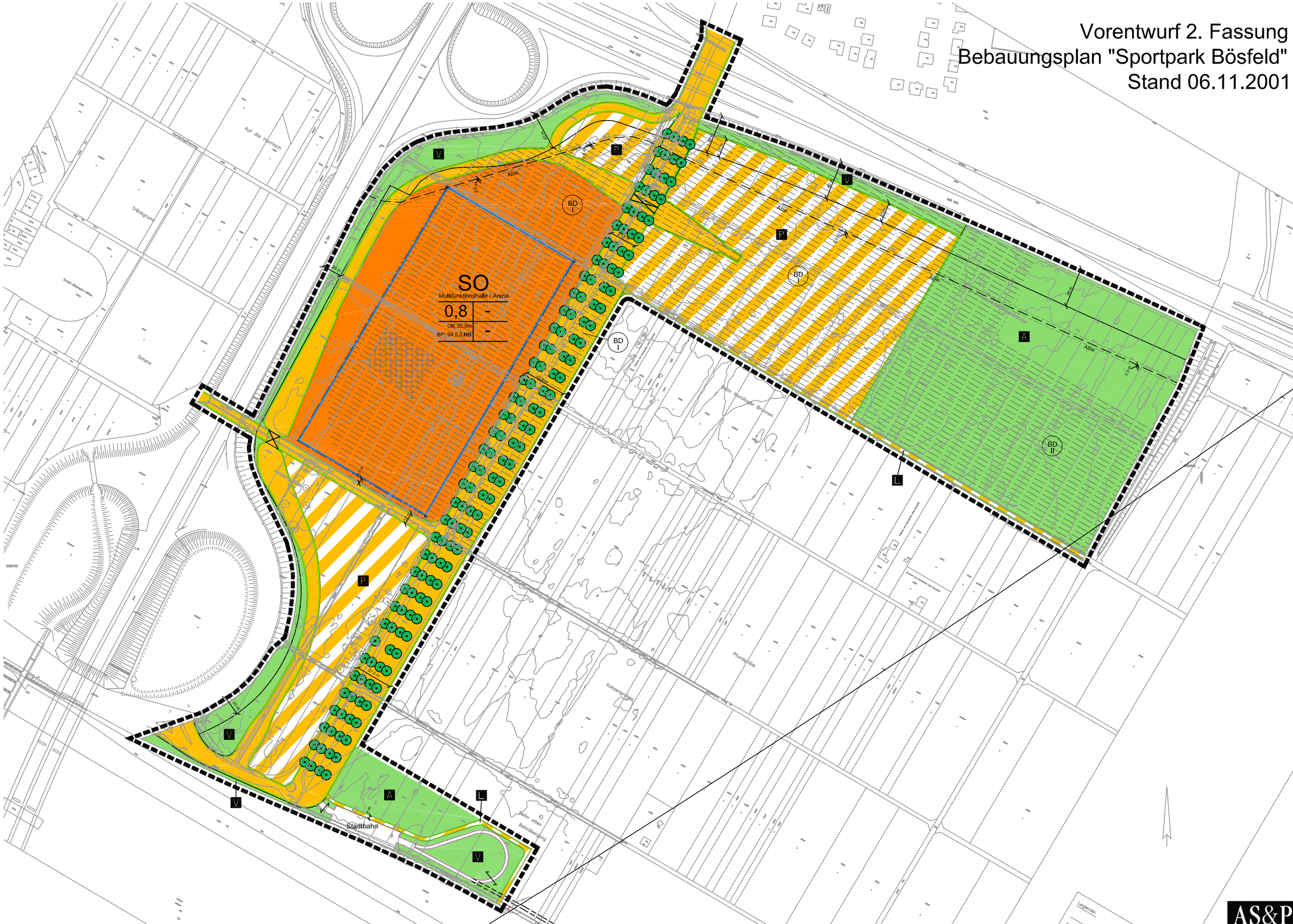
2. Realisierungsstufe

Stand:
05.09.2001

Auftraggeber: STADT MANNHEIM

Auftragnehmer: AS&P

Vorentwurf 2. Fassung
Bebauungsplan "Sportpark Bösfeld"
Stand 06.11.2001



AS&P

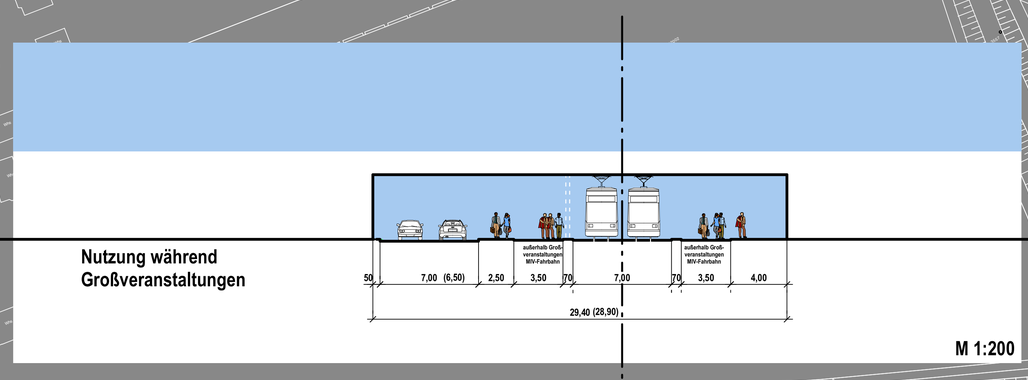
Parkplatzbilanz

Erschließungsendausbau:
2139 Parkplätze
Reservefläche (1) 3006 Parkplätze
Reservefläche (2) 860 Parkplätze

Interimserschließung:
2581 Parkplätze
Reservefläche (1) 3006 Parkplätze
Reservefläche (2) 1150 Parkplätze

Beachte Realisierungsabhängigkeiten für die Nutzung der Reserveflächen.

Bei Verwendung von 2,3m breiten an Stelle der dargestellten 2,5m breiten Parkstände erhöht sich die Zahl der Stellplätze um ca. 7%.



Unterführung

2139 Parkplätze

Reservefläche (1) 3006 Parkplätze
Fläche mit Feldhamstervorkommen, Abwägung zwischen der Parkierungsnutzung und den Belangen des Naturschutzes ist erforderlich.

Abwassersammler

1218 Stpl. 1998 Stpl. 134 Stpl. 734 Stpl. 1608 Stpl. 53 Stpl.

Wasser

Haupteingangsbereich

MIV-Interimserschließung für Parkplätze

Erschließungsendausbau
siehe auch Kasten: Interimserschließung

Verlauf Kaver-Fuhr-Straße alt

MArena

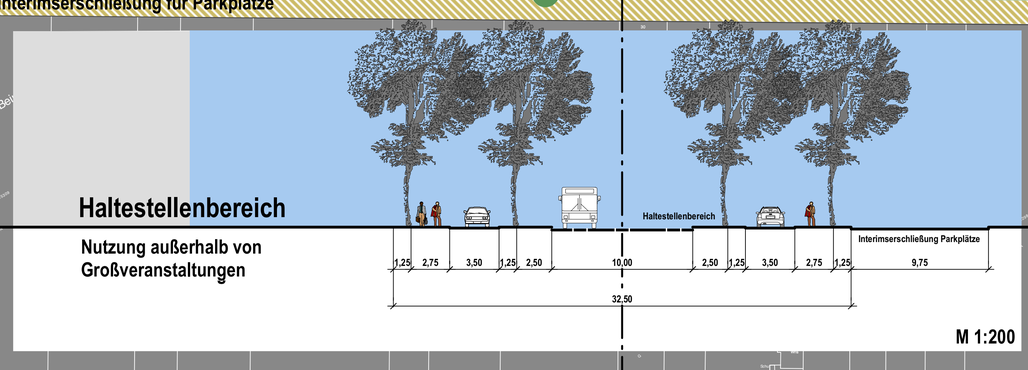
Andienung

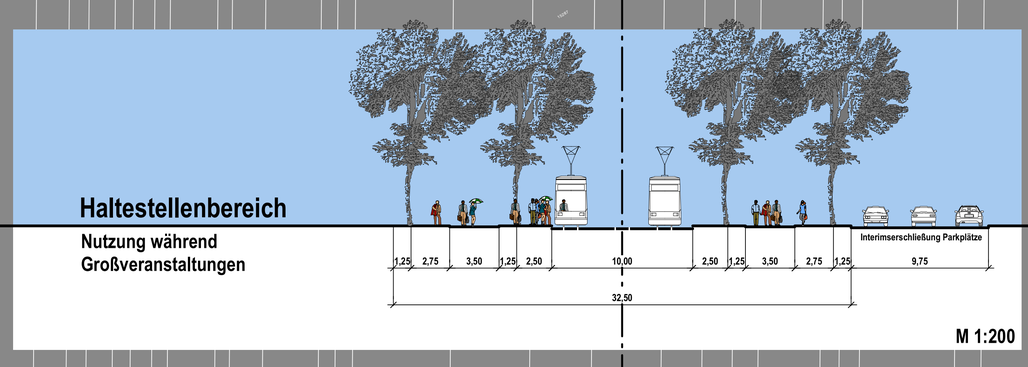
Übungsspielfelder

Sportnutzungen

Strab / Bushalt

Interimserschließung Parkplätze



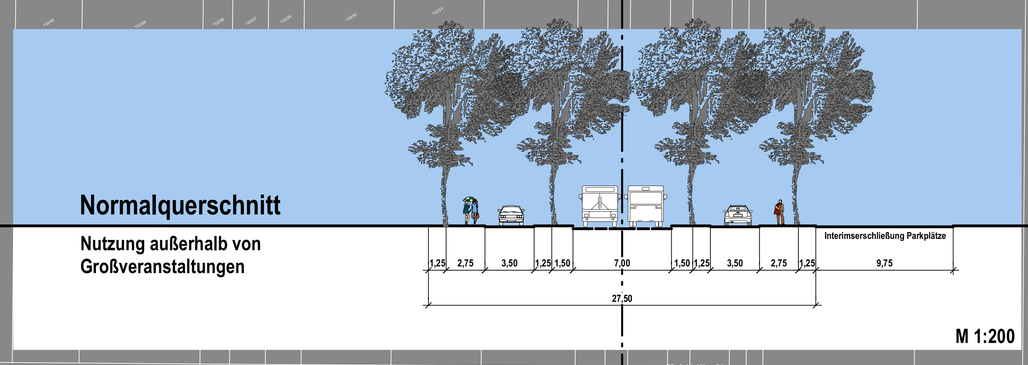


alternativ plangleiche Querung

Neuhermsheim

Hochstätt

Reservefläche (2)
ca. 860 Parkplätze
Nutzung in Abhängigkeit von der schalltechnischen Untersuchung über die maximal zulässigen von der Fläche ausgehenden Lärmemissionen



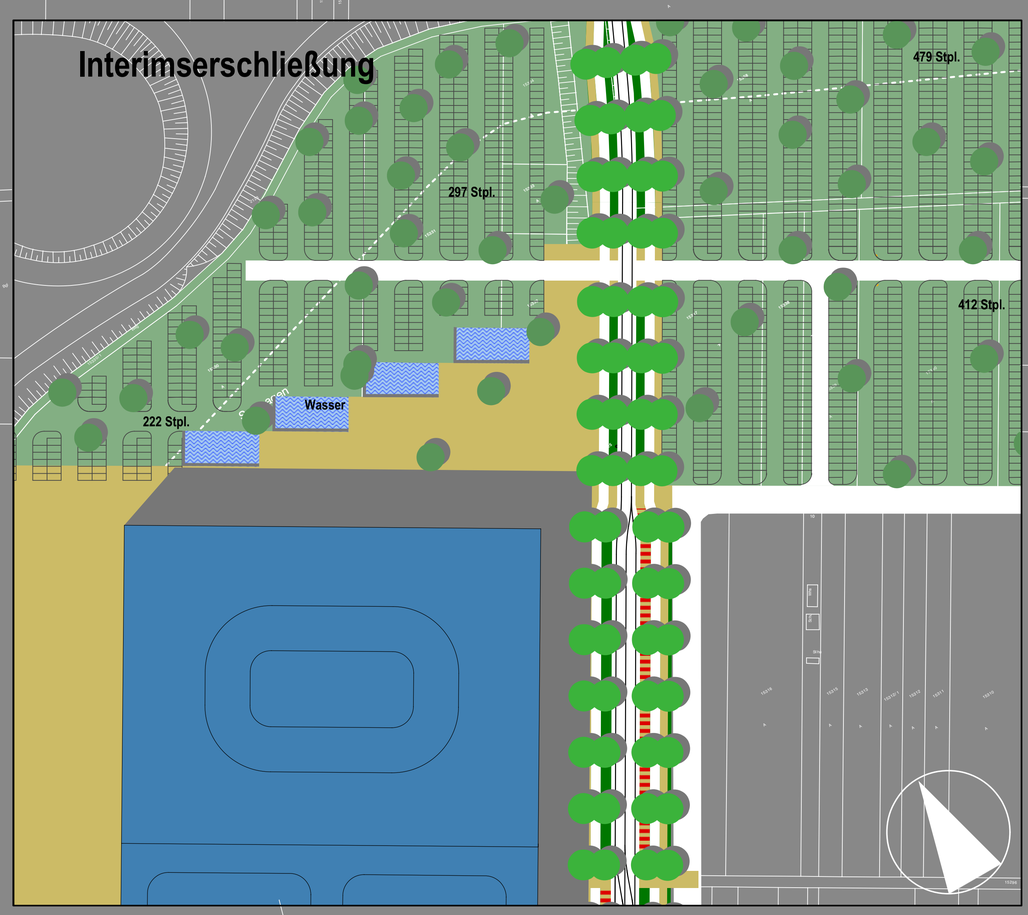
Busspur

Bushalt

Erschließungsendausbau

S-Bahn- / Regionalbahnhaltestelle

voraussichtliche Realisierung 2007



Städtebaulicher Rahmenplan Sportpark Mannheim

Erste Realisierungsstufe - MArena

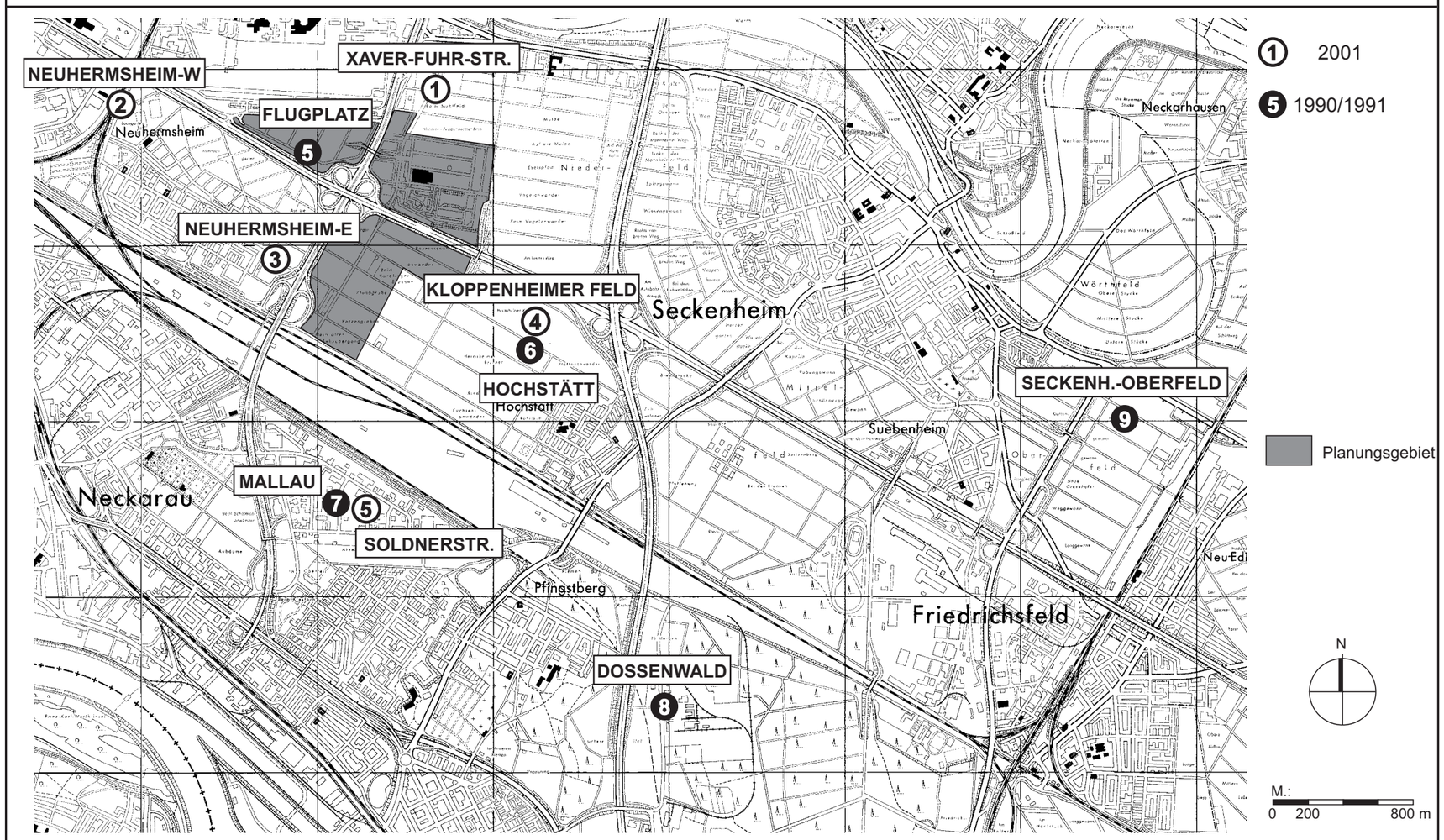
Stand 12.09.2001 M 1:1000

AS&P Auftragnehmer Albert Speer & Partner GmbH

STADT MANNHEIM Auftraggeber

ABB. 4 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Standorte der Klimamessstationen



ÖKOPLANA

ABB. 5 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Fotografische Dokumentation der Stationsstandorte im Planungsgebiet und dessen Umfeld

Standort Xaver-Fuhr-Str.

Standort Neuhermsheim-W

Standort Neuhermsheim-E

Standort Kloppenheimer Feld

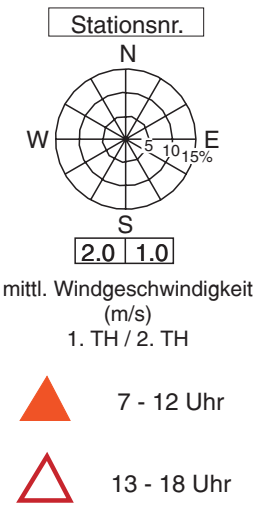
ABB. 6 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit (m/s)
Zeitraum: Mai - September 1991, alle Tage - wärmere Jahreszeit

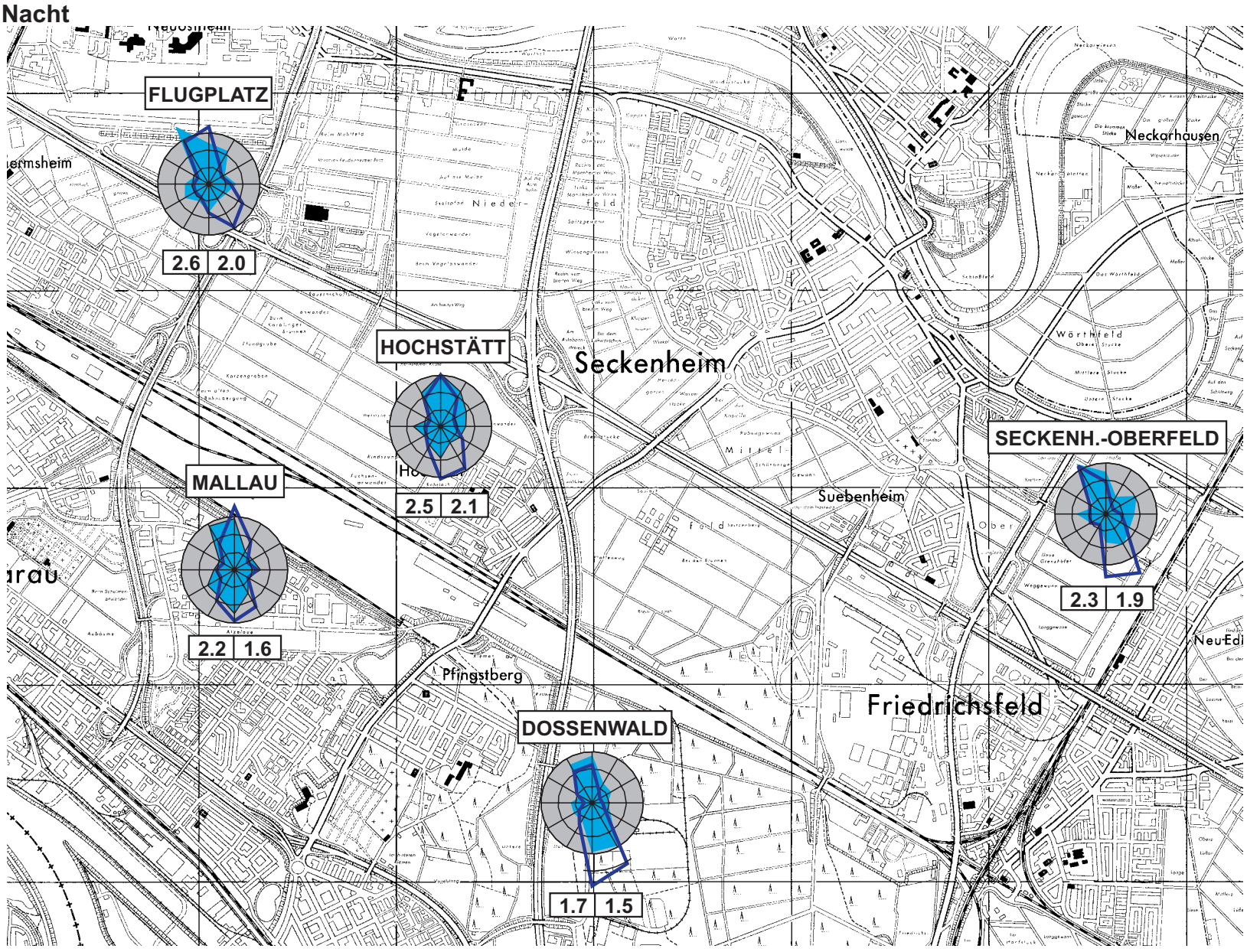
M.: 0 200 800 m

N

Tag



Nacht



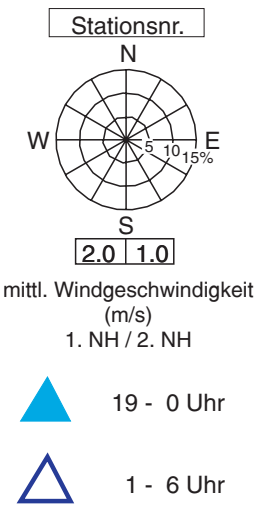


ABB. 7 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Geschwindigkeit (m/s)
Zeitraum: Mai - September 1991, Strahlungstage - wärmere Jahreszeit

M.: 0 200 800 m

N

Tag

Nacht

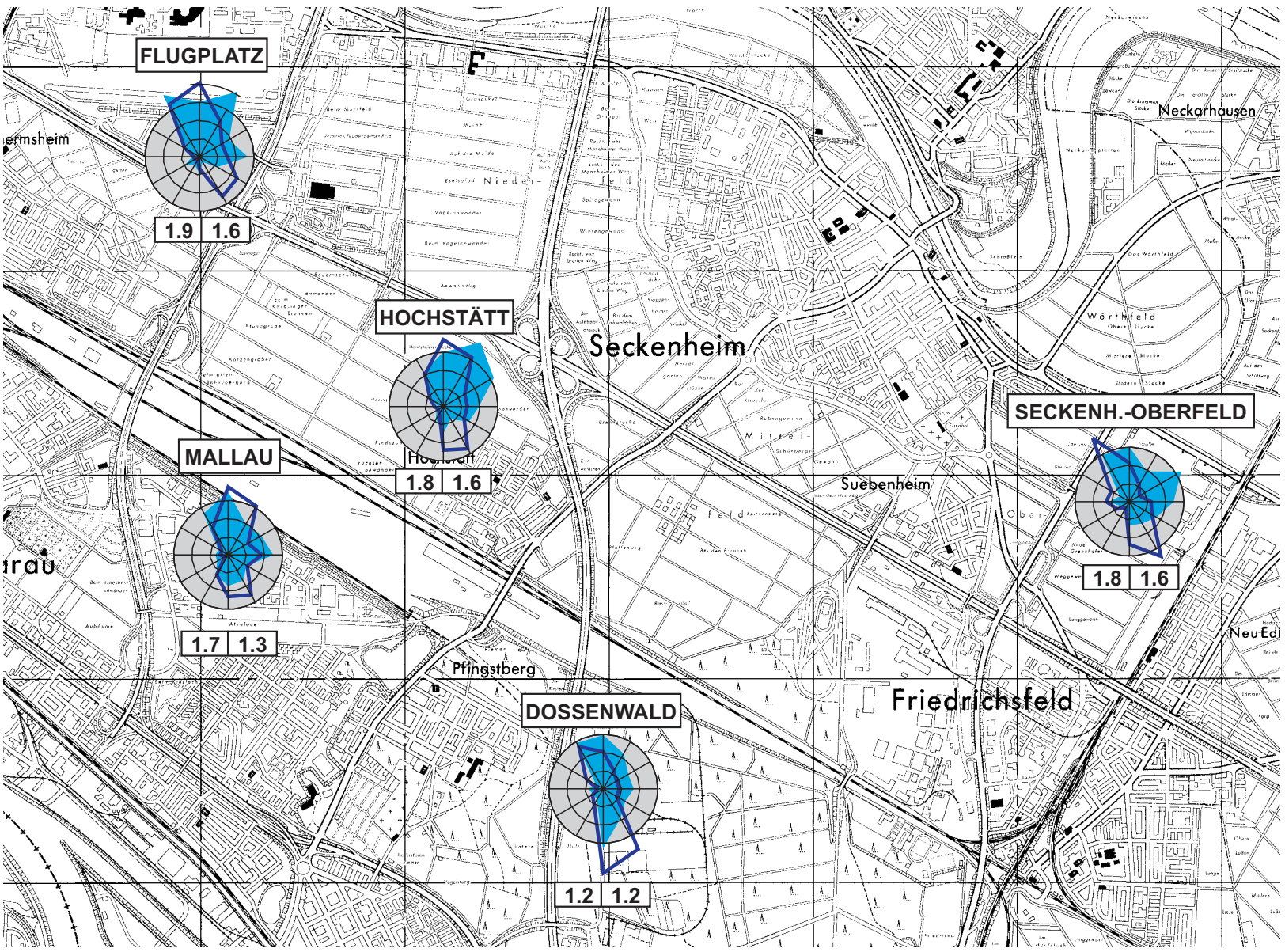
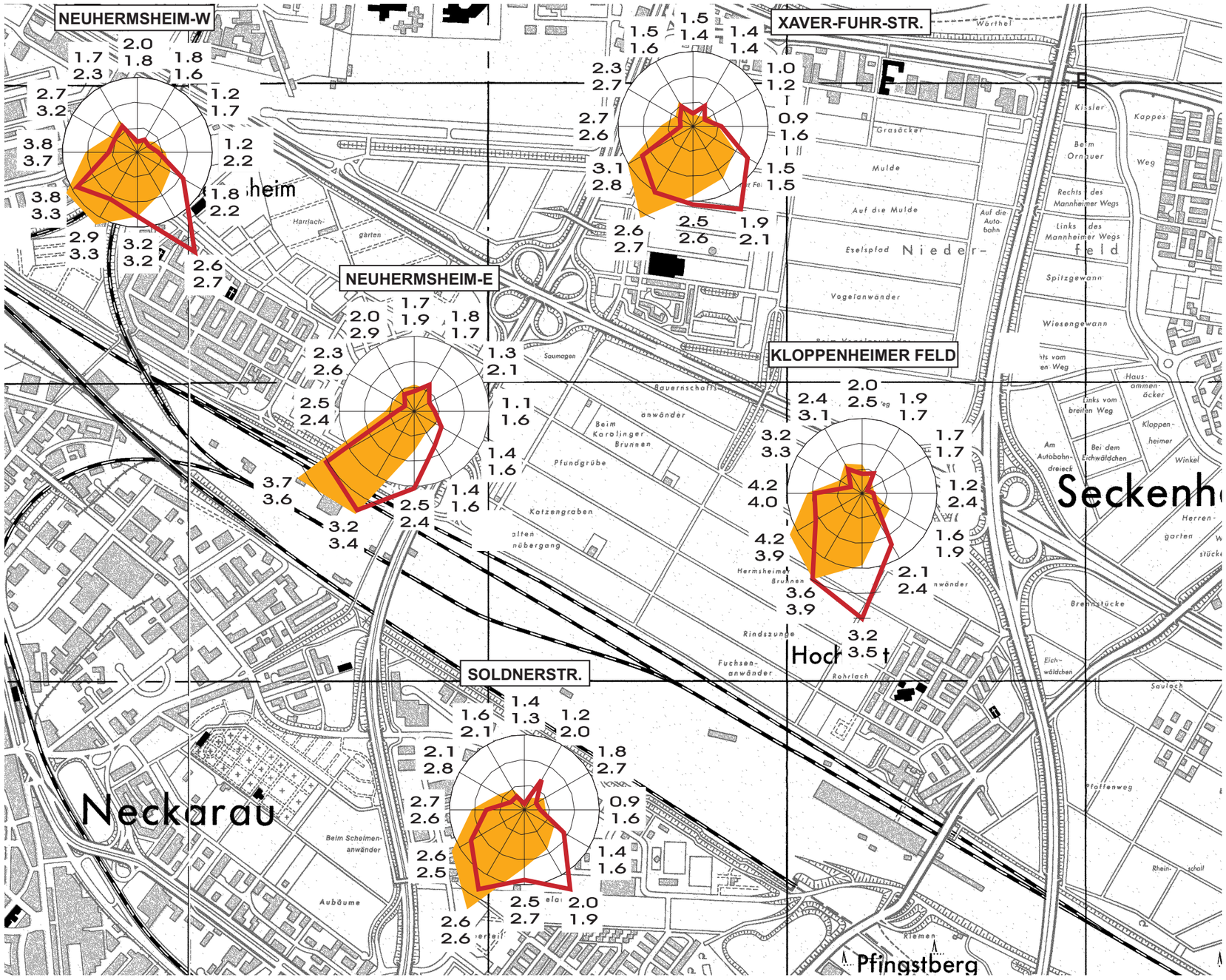
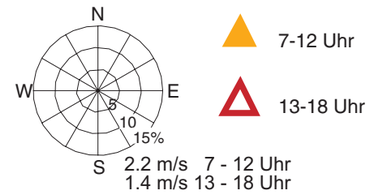


ABB. 8 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit
Zeitraum: August - November 2001, alle Tage





Windstillen (%):

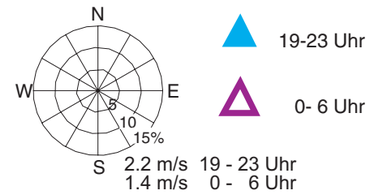
	1. TH / 2. TH
Xaver-Fuhr-Str.	0.0 / 0.0
Neuhermsheim-W	0.0 / 0.0
Neuhermsheim-E	0.0 / 0.1
Kloppenheimer Feld	0.0 / 0.1
Soldnerstr.	0.0 / 0.1

M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

ABB. 9 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit
Zeitraum: August - November 2001, alle Tage



Windstillen (%):

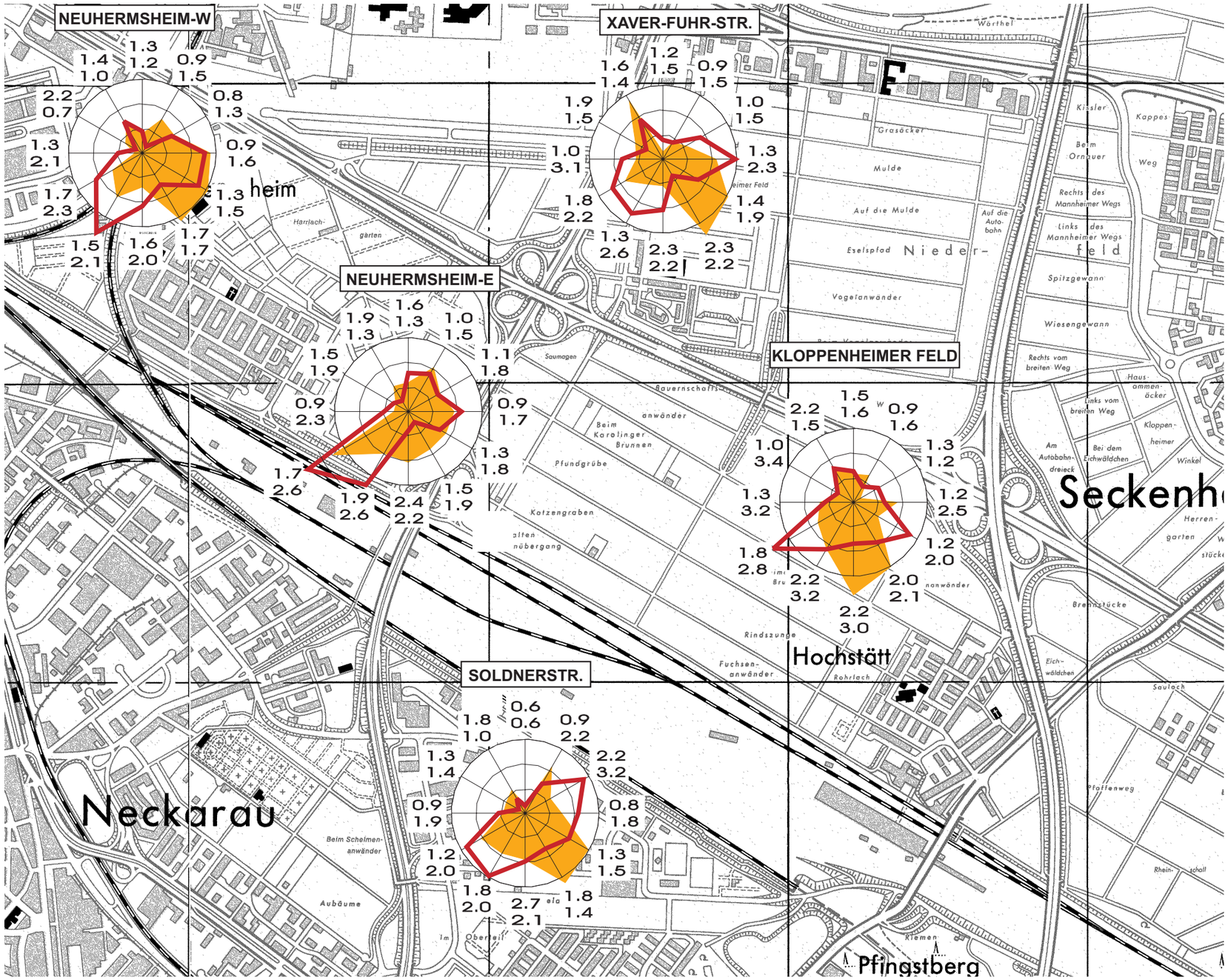
	1. NH / 2. NH
Xaver-Fuhr-Str.	1.2 / 0.5
Neuhermsheim-W	0.6 / 0.8
Neuhermsheim-E	1.9 / 1.2
Kloppenheimer Feld	1.1 / 1.2
Soldnerstr.	2.5 / 1.2

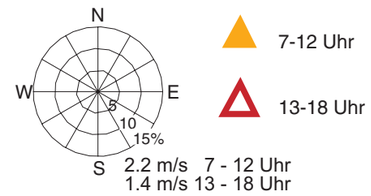
M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

ABB. 10 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit
Zeitraum: August - November 2001, Strahlungstage





Windstillen (%):

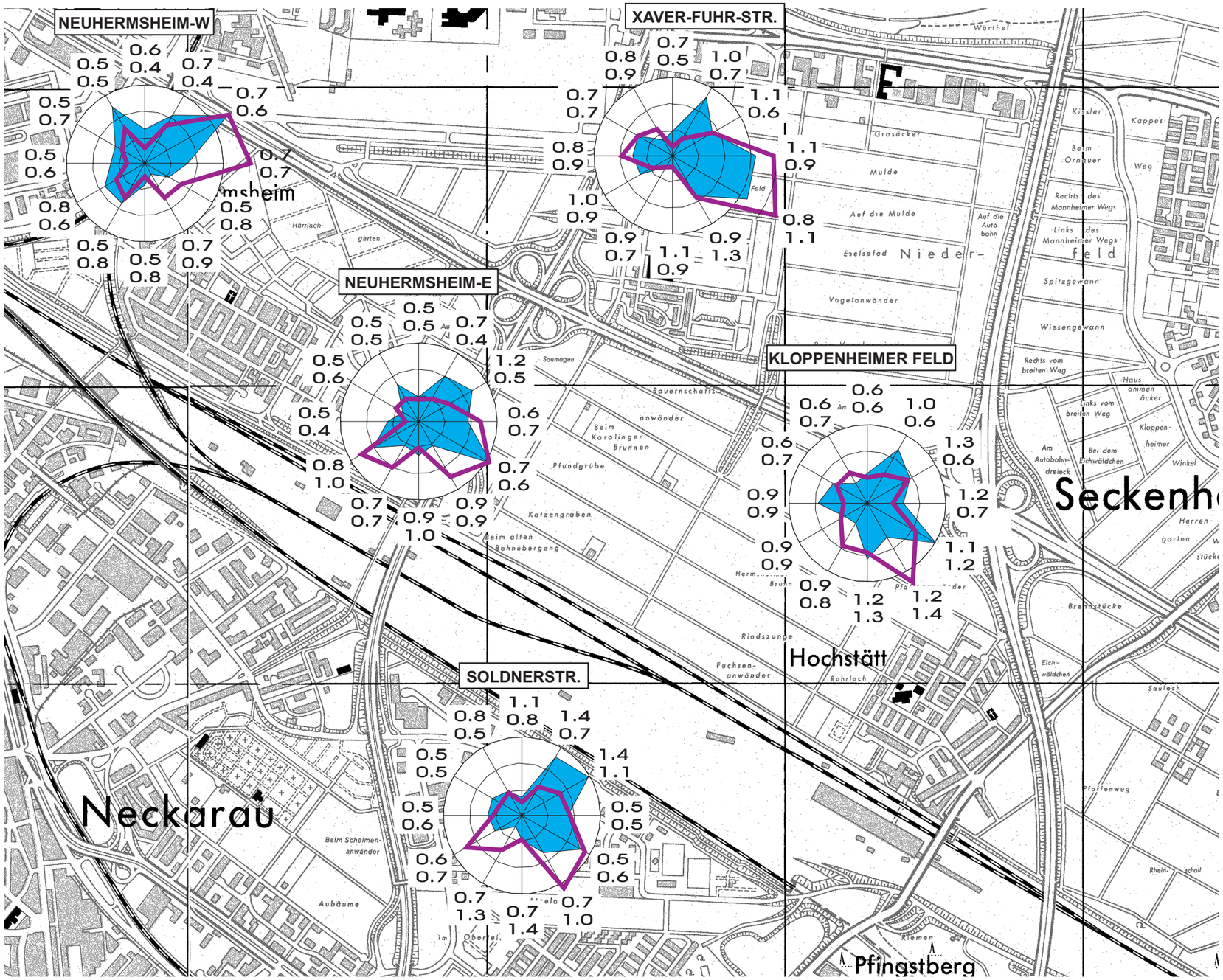
	1. TH / 2. TH
Xaver-Fuhr-Str.	0.0 / 0.0
Neuhermsheim-W	0.0 / 0.0
Neuhermsheim-E	0.0 / 0.5
Kloppenheimer Feld	0.5 / 0.1
Soldnerstr.	0.0 / 0.0

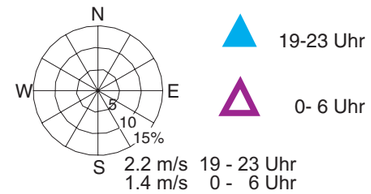
M.:
0 200 800 m

ÖKOPLANA

ABB. 11 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittleren Geschwindigkeit
Zeitraum: August - November 2001, Strahlungstage





Windstillen (%):

	1. NH / 2. NH
Xaver-Fuhr-Str.	1.8 / 2.1
Neuhermsheim-W	1.8 / 2.1
Neuhermsheim-E	3.5 / 4.2
Kloppenheimer Feld	1.9 / 4.5
Soldnerstr.	7.6 / 4.2

M.:
0 200 800 m

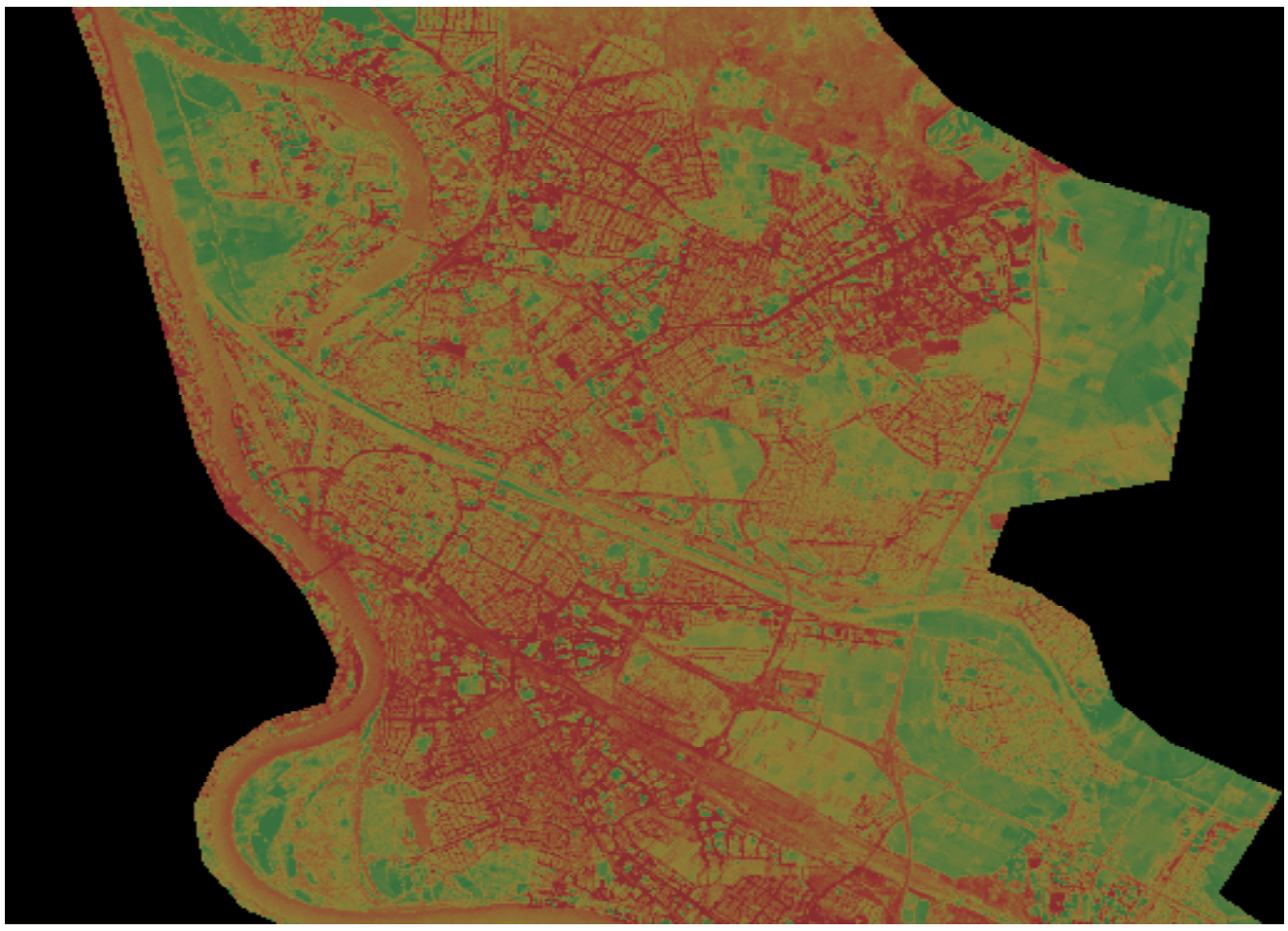
ÖKOPLANA

ABB. 12 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

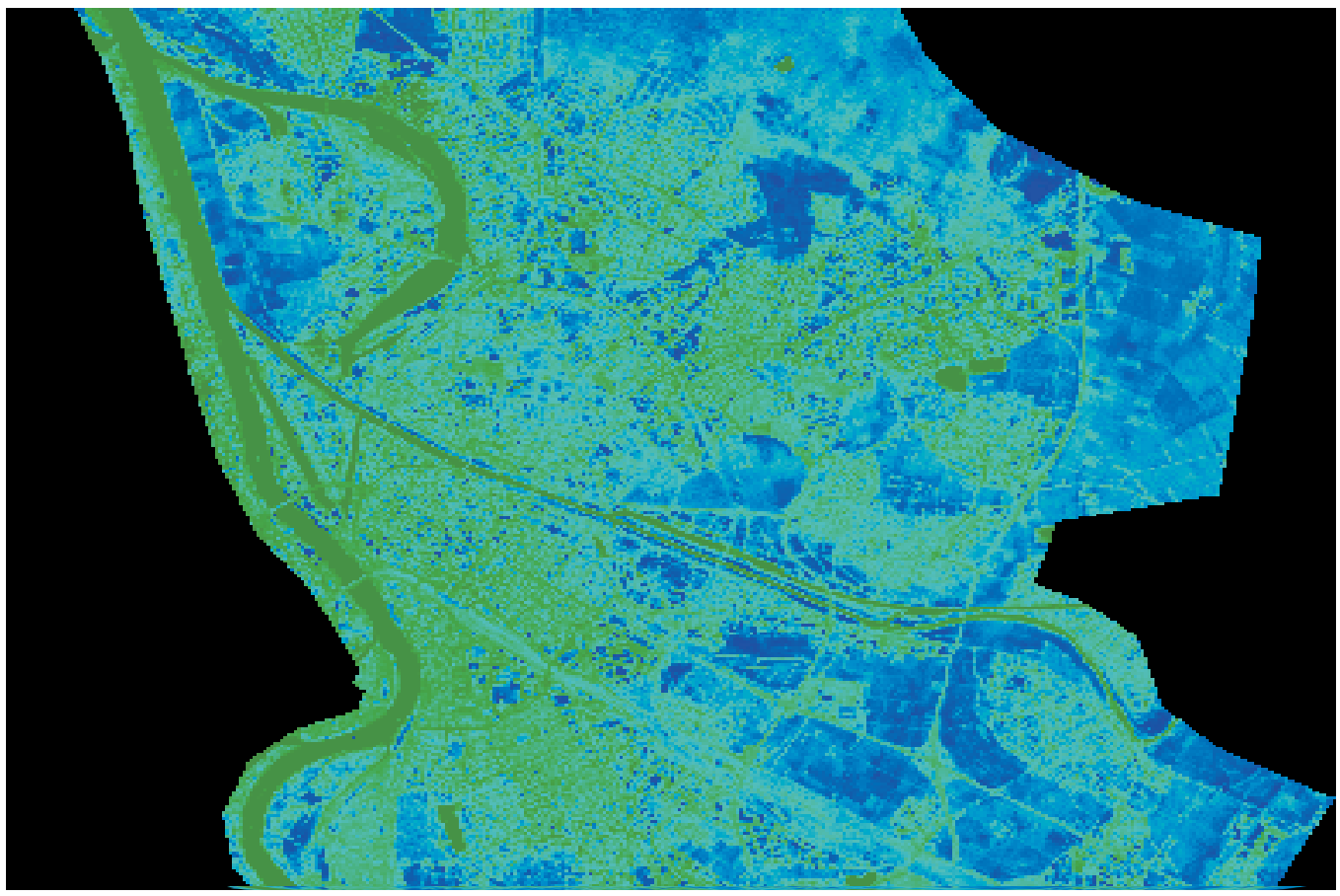
Thermalbildaufnahme von 1999, Abend - und Morgenbefliegung

M.: 0 1000 4000 m

N



Abendaufnahme

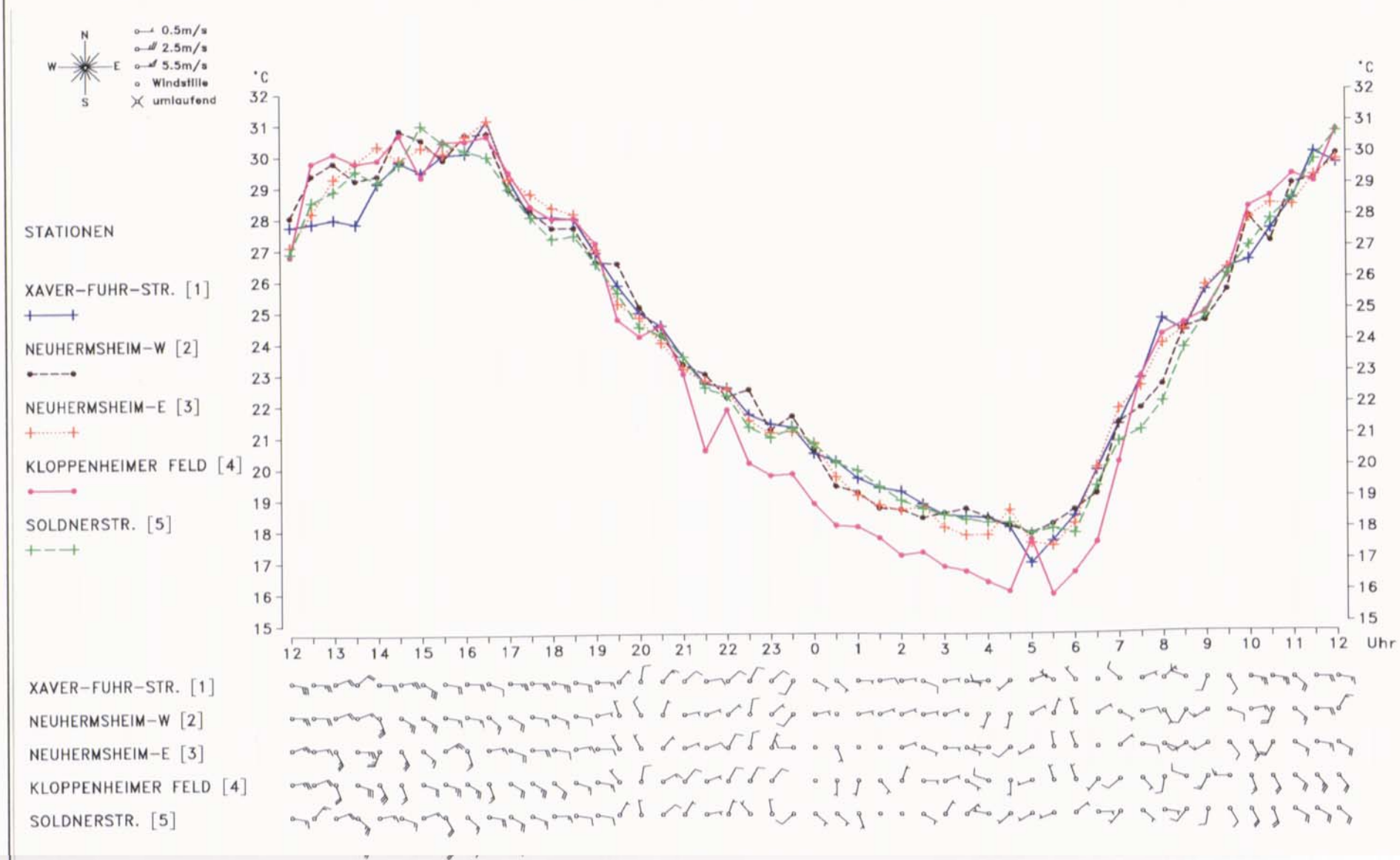


Morgenaufnahme

ABB. 13 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Tagesgänge der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit an Strahlungstagen

Tagesgang der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit am 23.-24.08.2001



Tagesgang der Lufttemperatur, Windrichtung und Windgeschwindigkeit am 24.-25.08.2001

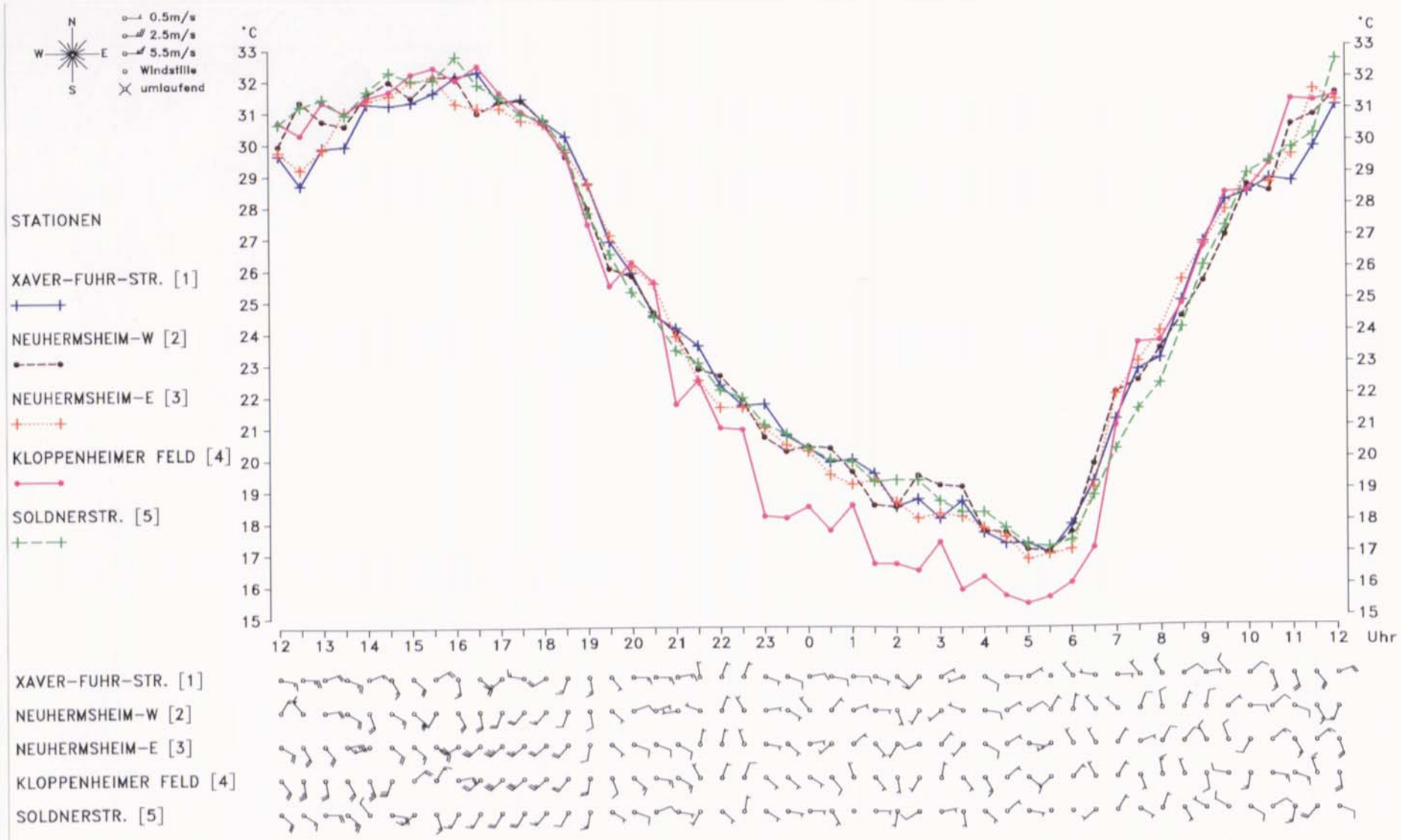


ABB. 14 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Isothermenkarte 23.08.2001, 23:00 Uhr (MEZ)

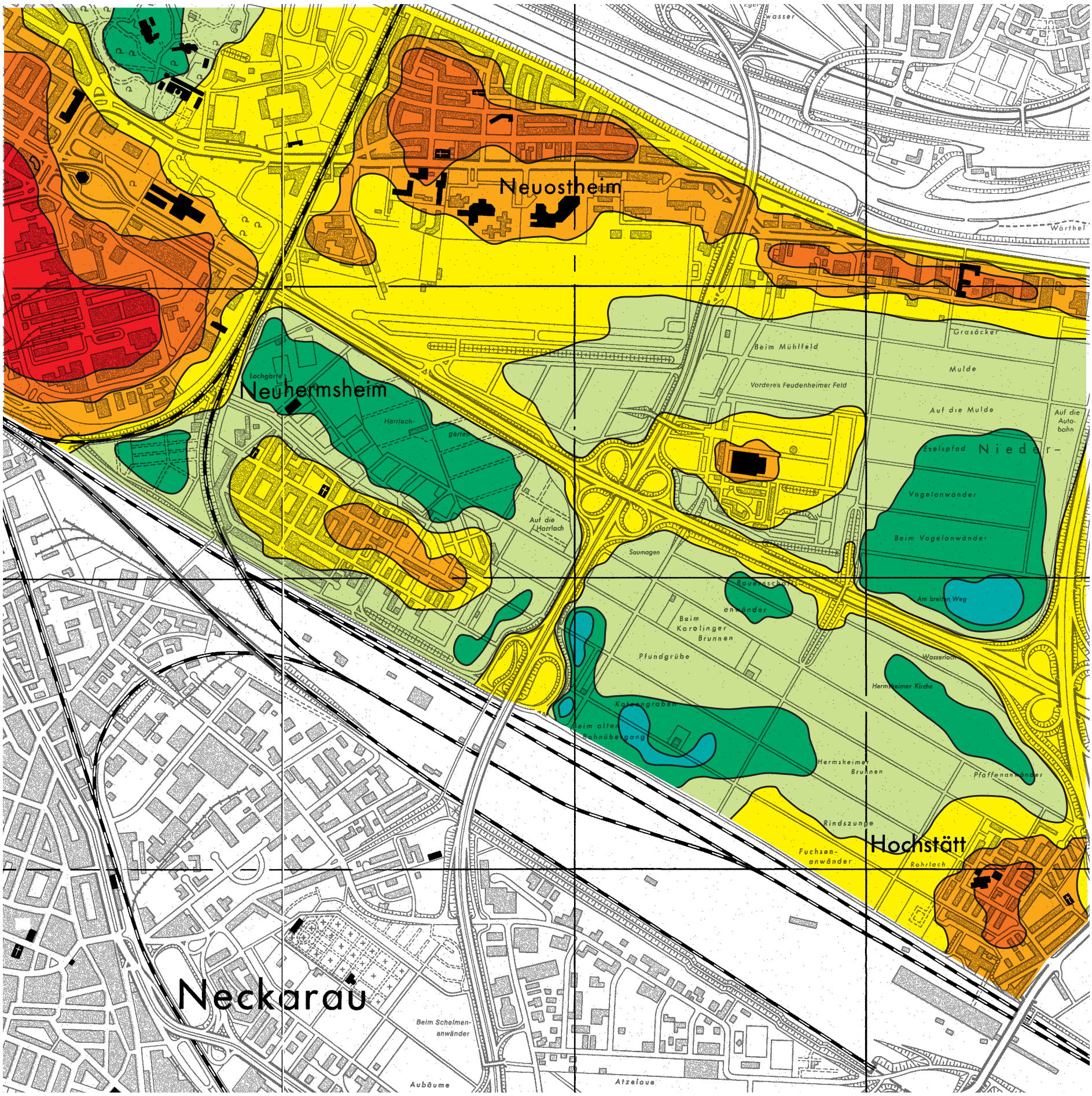
N

M.: 0 100 400 m

Lufttemperatur 2 m ü.G. (°C)

- 22.5 - 23.0 °C
- 22.0 - 22.5 °C
- 21.5 - 22.0 °C
- 21.0 - 21.5 °C
- 20.5 - 21.0 °C
- 20.0 - 20.5 °C
- 19.5 - 20.0 °C

Linie gleicher Lufttemperatur (Isotherme)



ÖKOPLANA

ABB. 15 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Isothermenkarte 24.08.2001, 02:00 Uhr (MEZ)

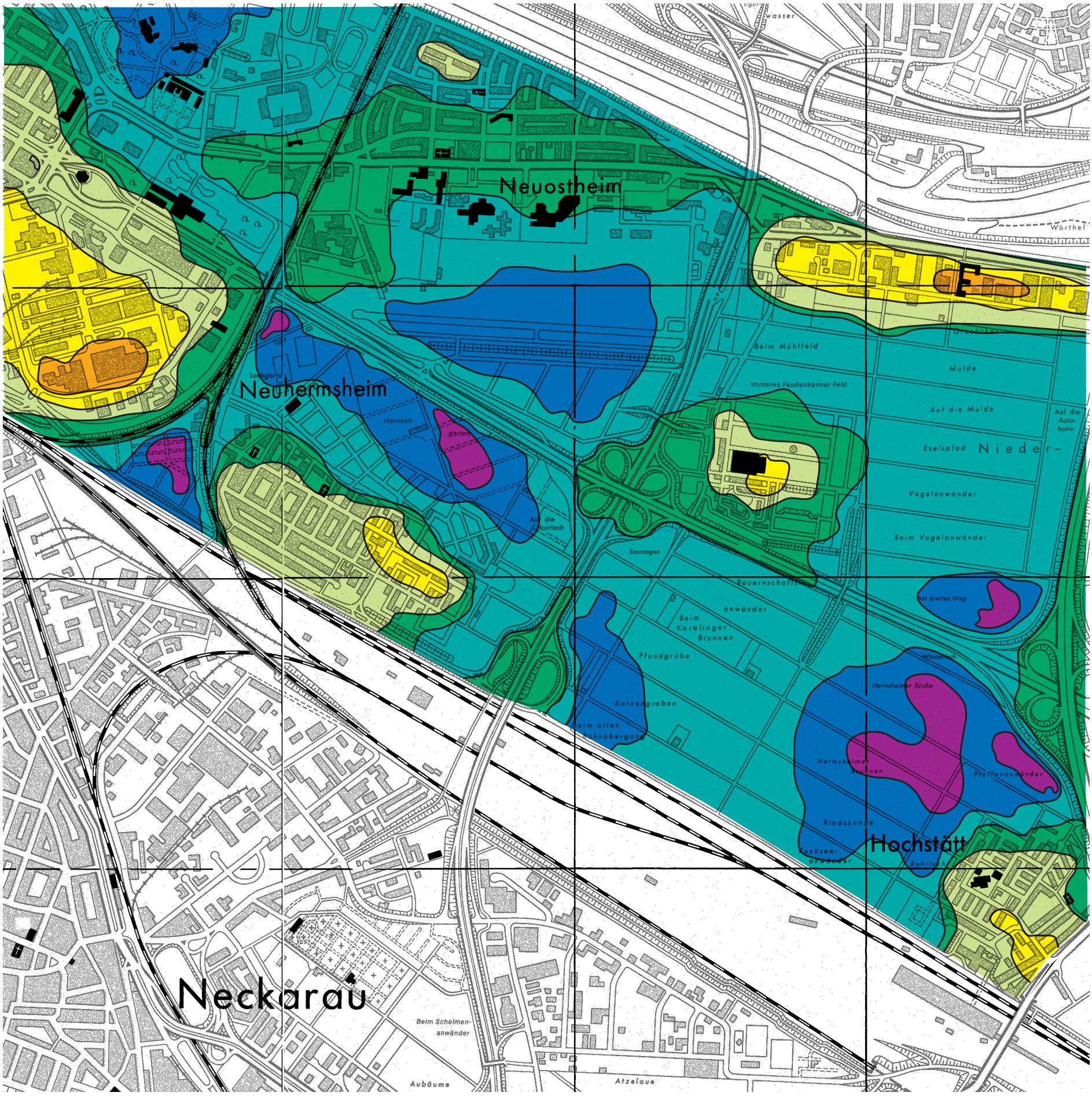
M.: 0 100 400 m

N

Lufttemperatur 2 m ü.G. (°C)

- 20.0 - 20.5 °C
- 19.5 - 20.0 °C
- 19.0 - 19.5 °C
- 18.5 - 19.0 °C
- 18.0 - 18.5 °C
- 17.5 - 18.0 °C
- 17.0 - 17.5 °C

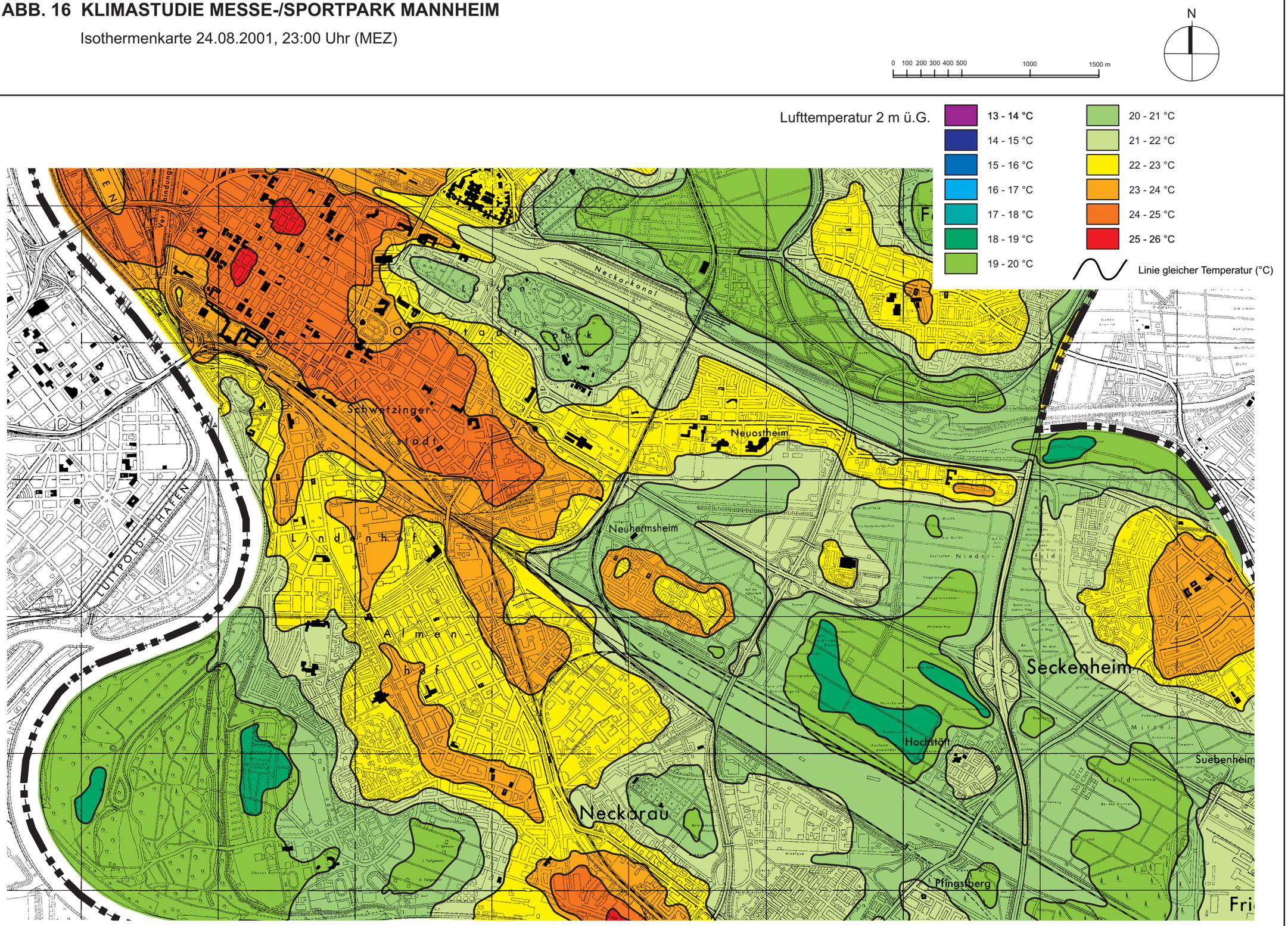
Linie gleicher Lufttemperatur (Isotherme)



ÖKOPLANA

ABB. 16 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Isothermenkarte 24.08.2001, 23:00 Uhr (MEZ)



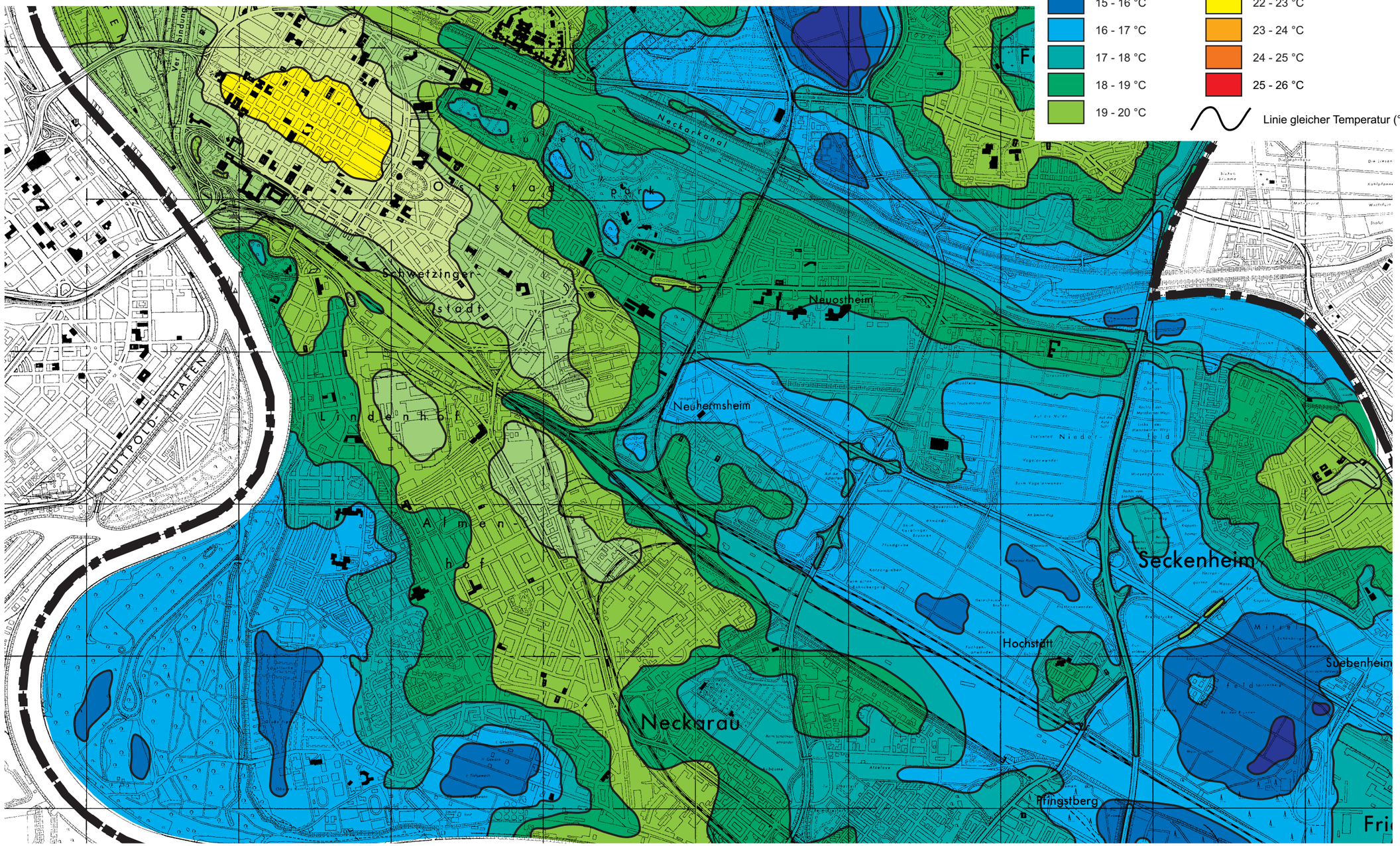
ÖKOPLANA

ABB. 17 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Isothermenkarte 25.08.2001, 05:00 Uhr (MEZ)

0 100 200 300 400 500 1000 1500 m

N

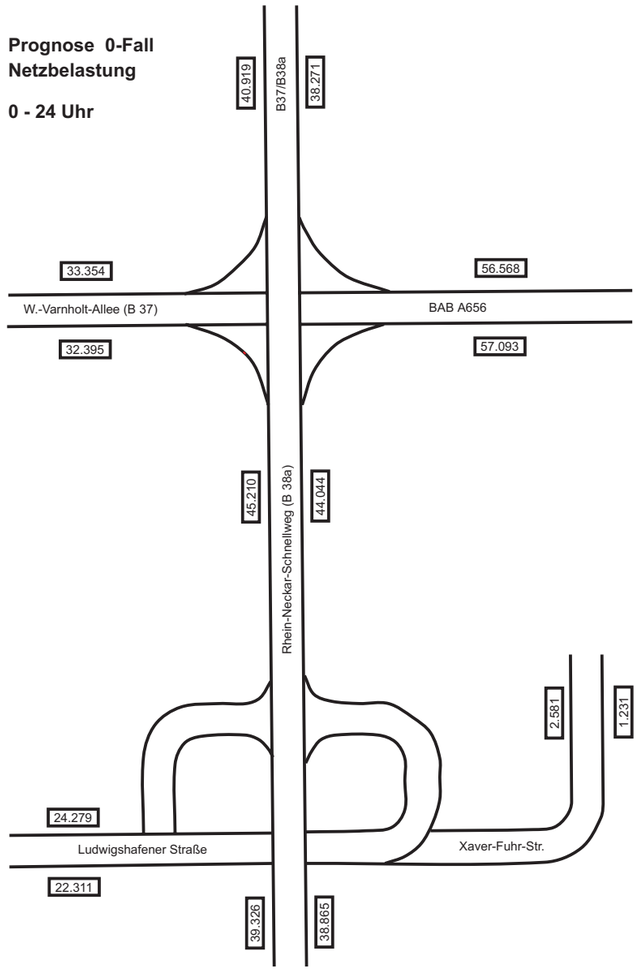


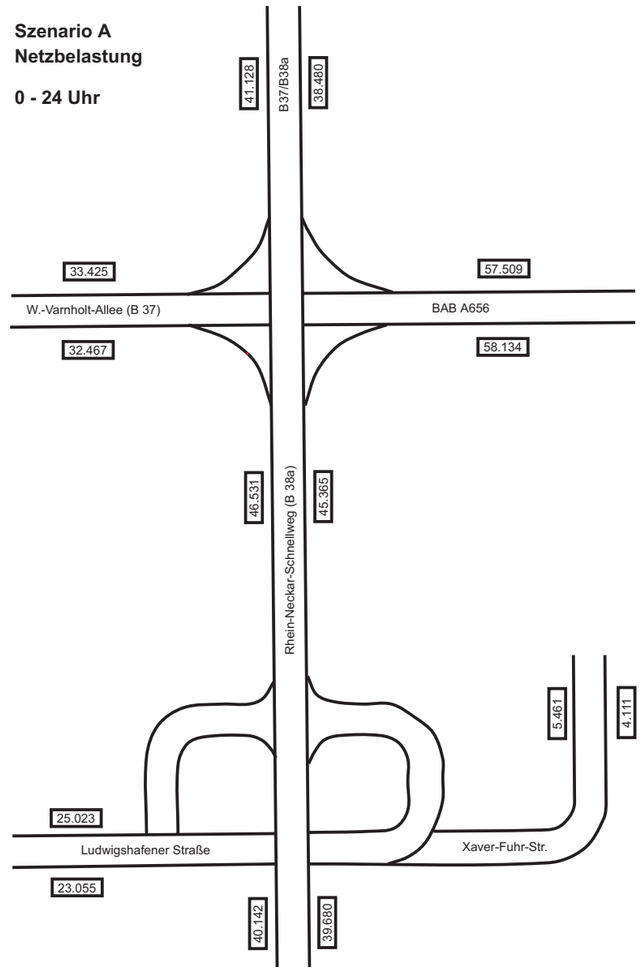
ÖKOPLANA

ABB. 18 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Verkehrsbelastung im Umfeld des Planungsgebietes “Bösfeld”
Prognose ohne und mit Realisierung des Sportparks

Alle Angaben in PKW-E / 24 h





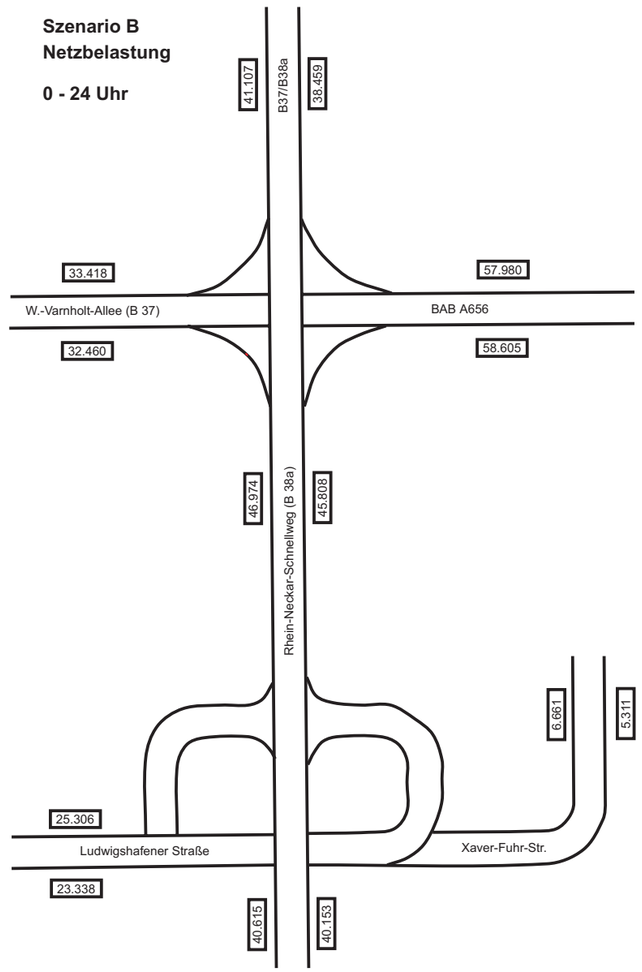


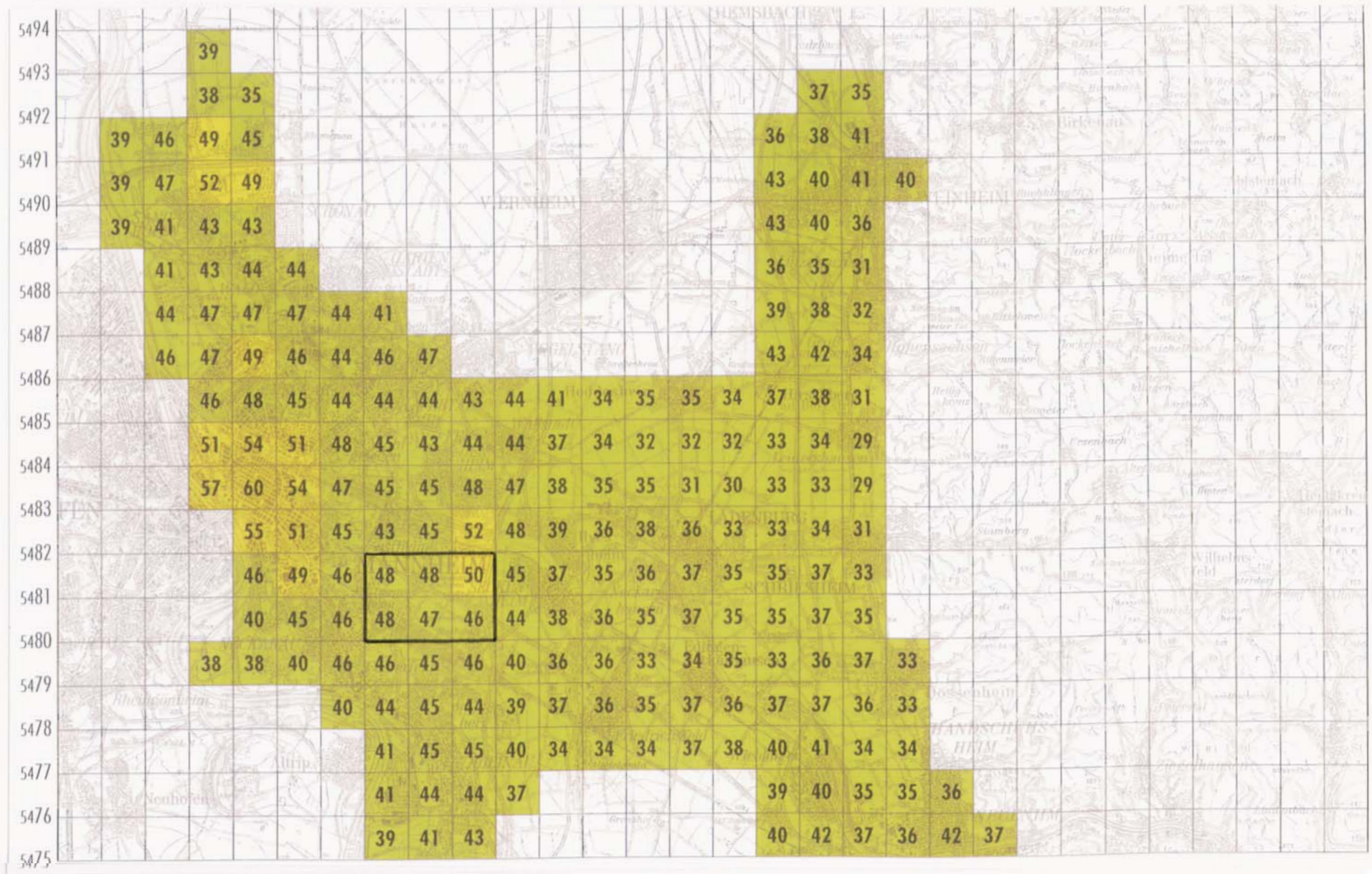
ABB. 19 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Immissionsbelastung durch Stickstoffdioxid

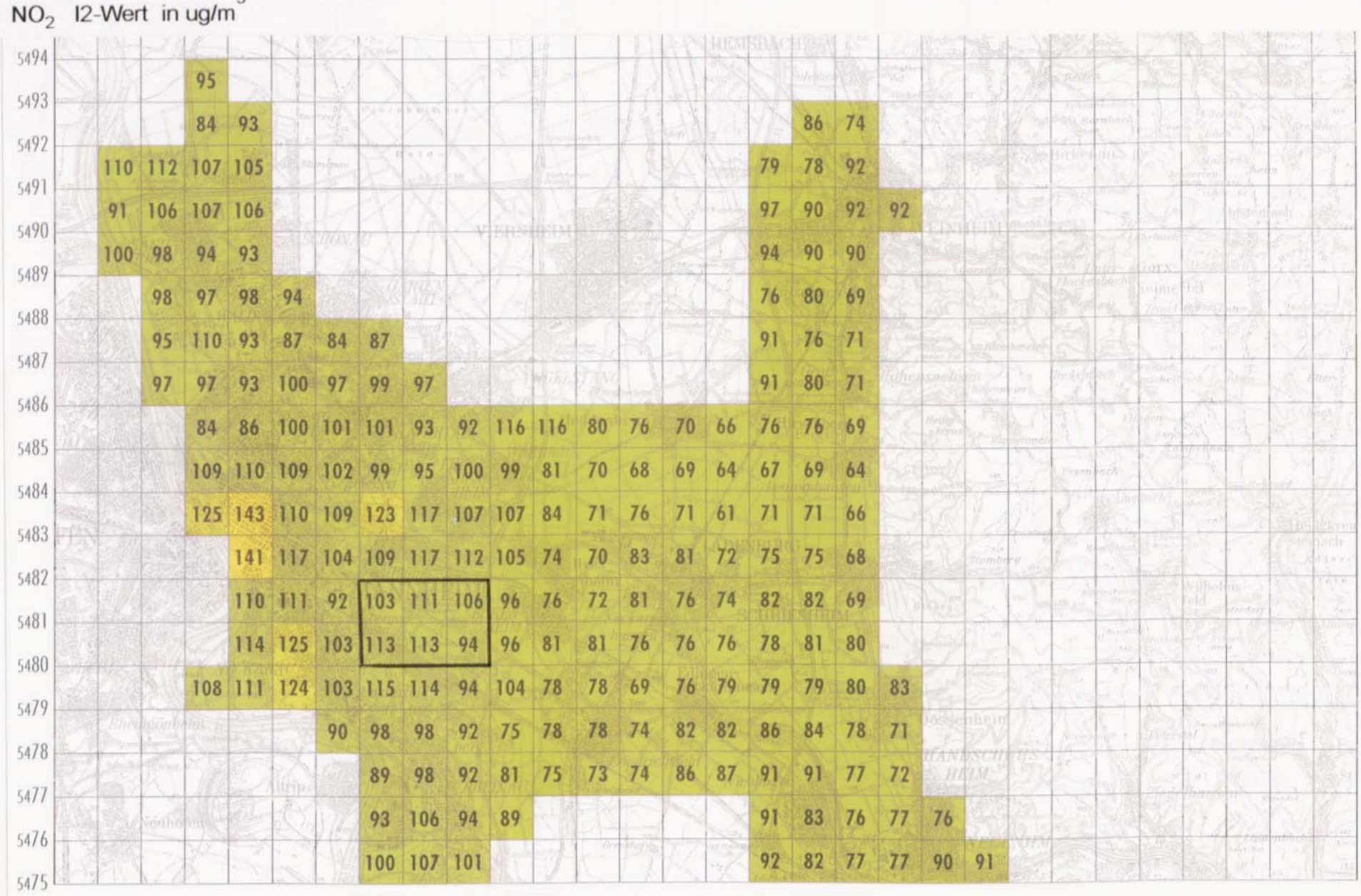
Quelle: Luftreinhalteplan Großraum Mannheim/Heidelberg 1995

N

NO_2 I1-Wert in ug/m^3



NO_2 I2-Wert in ug/m^3



ÖKOPLANA

ABB. 20 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Immissionsbelastung durch Benzol

Quelle: Luftreinhalteplan Großraum Mannheim/Heidelberg 1995

N

Benzol Mittelwert in ug/m^3

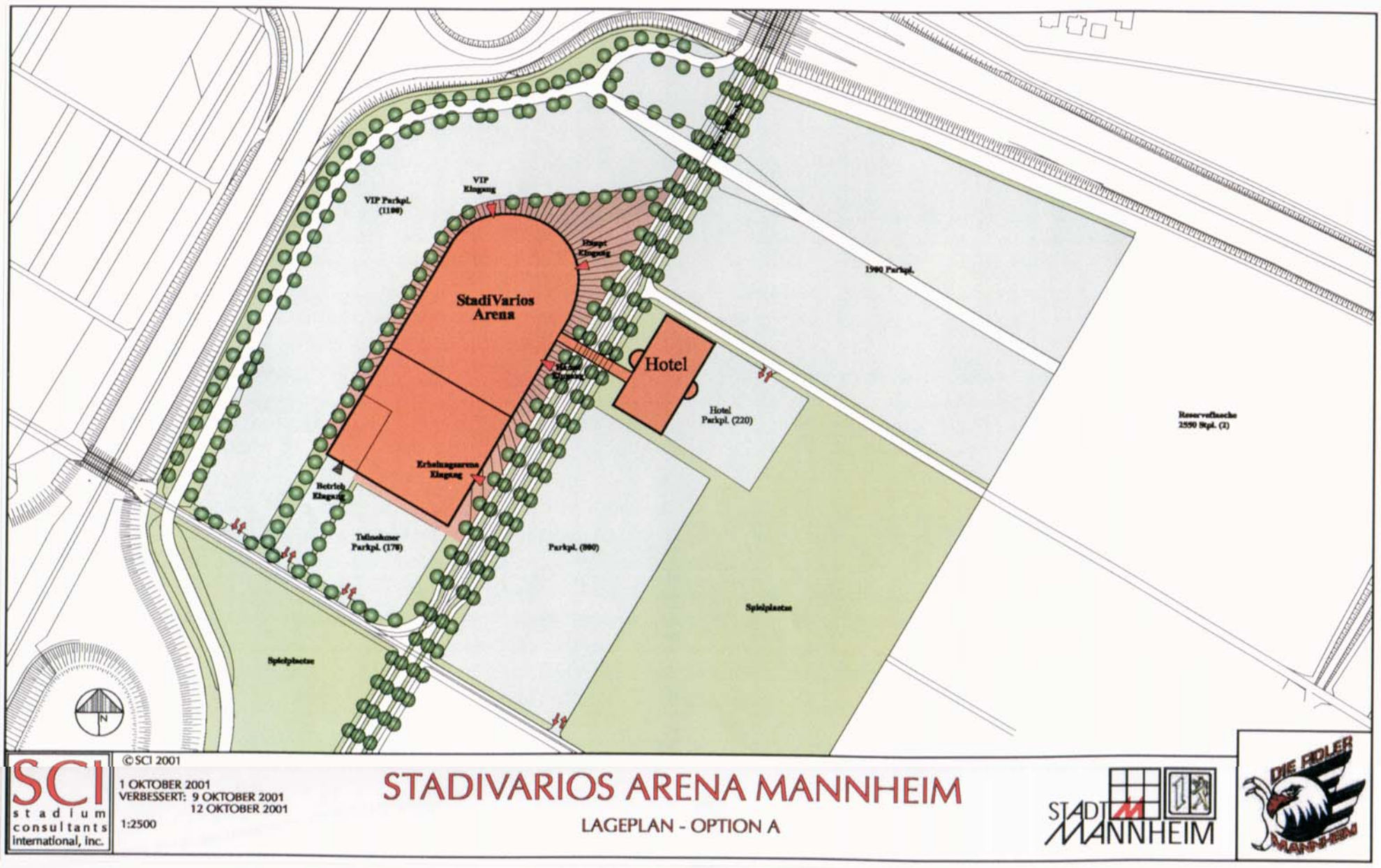
5494																														
5493			2,9																											
5492			2,8	2,6													3,1	3,5												
5491	3,0	3,6	3,6	3,2												3,0	3,4	4,8												
5490	2,8	4,1	4,8	4,0												3,9	4,1	4,9	4,8											
5489	2,6	3,7	4,3	3,9												4,1	4,3	4,0												
5488		4,5	4,7	3,6	4,0											2,8	3,2	3,2												
5487		4,5	5,5	4,5	4,5	4,4	4,2									2,7	2,8	3,0												
5486		4,1	4,3	4,5	4,6	4,2	4,8	5,0								2,7	2,7	3,0												
5485			3,6	3,7	4,1	3,8	4,0	4,0	3,5	3,5	2,7	2,1	2,9	3,2	2,5	2,3	2,7	2,8												
5484			4,1	4,8	5,0	4,6	4,4	4,0	3,3	2,9	2,3	2,0	2,2	2,6	2,5	2,2	2,7	2,8												
5483			5,4	6,4	5,4	4,6	4,4	4,5	4,2	3,5	2,3	2,2	2,5	2,4	2,2	2,2	2,3	2,5												
5482				5,5	4,9	4,0	3,8	3,8	4,3	4,0	2,8	2,7	3,0	3,5	3,1	2,3	3,0	3,0												
5481				3,9	4,6	4,1	3,9	3,5	3,3	3,2	3,1	2,9	3,1	4,1	3,4	2,6	3,2	3,0												
5480				3,2	4,1	4,1	3,4	3,0	2,7	2,8	3,2	3,0	3,0	3,2	2,8	2,5	2,4	2,7												
5479			2,7	2,7	3,4	3,8	3,5	3,3	2,7	2,6	3,0	2,9	2,5	3,0	3,0	2,6	2,6	3,4	3,4											
5478						3,4	3,8	3,8	2,8	3,1	4,3	3,9	2,8	3,2	3,1	3,0	3,0	3,3	3,4											
5477							3,2	3,7	3,4	3,2	4,1	3,8	2,7	2,7	2,7	3,1	3,3	2,9	4,0											
5476							4,7	5,5	3,9	3,0						3,2	3,5	3,3	4,6	4,9										
5475							4,6	5,3	4,4							3,5	3,6	3,3	3,5	4,6	3,9									

Benzol 98%-Wert in ug/m^3

5494																														
5493			10,0																											
5492			11,1	8,4													11,8	12,3												
5491	16,2	16,2	11,6	11,6												10,3	12,4	16,9												
5490	14,9	16,7	17,8	15,8												13,4	16,4	19,5	15,2											
5489	10,6	16,7	17,4	15,9												13,2	16,4	18,5												
5488		23,6	24,5	19,1	16,1											9,5	13,1	12,9												
5487		23,7	35,2	19,5	16,1	13,7	17,1									9,3	9,8	13,0												
5486		21,0	17,0	16,5	14,8	12,5	21,5	21,5								8,0	6,5	10,6												
5485			17,0	12,0	12,7	13,1	16,6	16,3	14,5	16,7	9,8	5,9	9,1	9,6	8,2	6,2	11,9	10,8												
5484			17,7	15,7	13,2	15,5	16,5	19,1	14,3	10,0	8,4	7,0	9,0	8,3	7,7	7,9	12,0	9,8												
5483			19,6	19,6	14,2	15,6	17,5	19,3	19,3	11,3	8,2	8,3	10,4	7,5	7,6	8,0	8,9	12,6												
5482				19,6	15,6	15,7	16,6	18,8	19,9	12,3	9,6	9,3	8,6	11,8	11,5	8,5	12,6	14,7												
5481				13,2	15,5	17,5	17,7	19,3	12,9	10,1	10,1	10,5	13,2	14,9	13,0	11,4	12,6	10,8												
5480				12,9	13,0	16,9	17,6	12,9	10,0	8,9	10,1	9,9	13,5	14,0	11,6	8,1	8,1	12,8												
5479			13,0	13,1	12,1	13,4	16,9	14,2	10,1	8,7	10,3	9,7	8,4	10,5	10,5	9,5	9,5	18,9	18,9											
5478						13,5	17,8	17,8	9,4	14,2	16,6	17,6	12,0	11,0	10,5	13,7	13,7	11,3	11,3											
5477							12,1	10,5	11,3	14,1	16,6	17,6	11,6	10,9	9,4	9,8	13,2	11,2	15,6											
5476							13,3	17,1	13,1	12,9						15,8	16,0	15,8	19,5	16,6										
5475							15,3	23,9	17,2							16,0	15,8	14,2	16,2	16,6	15,2									

ABB. 21 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

MArena - Planungsvarianten A und B



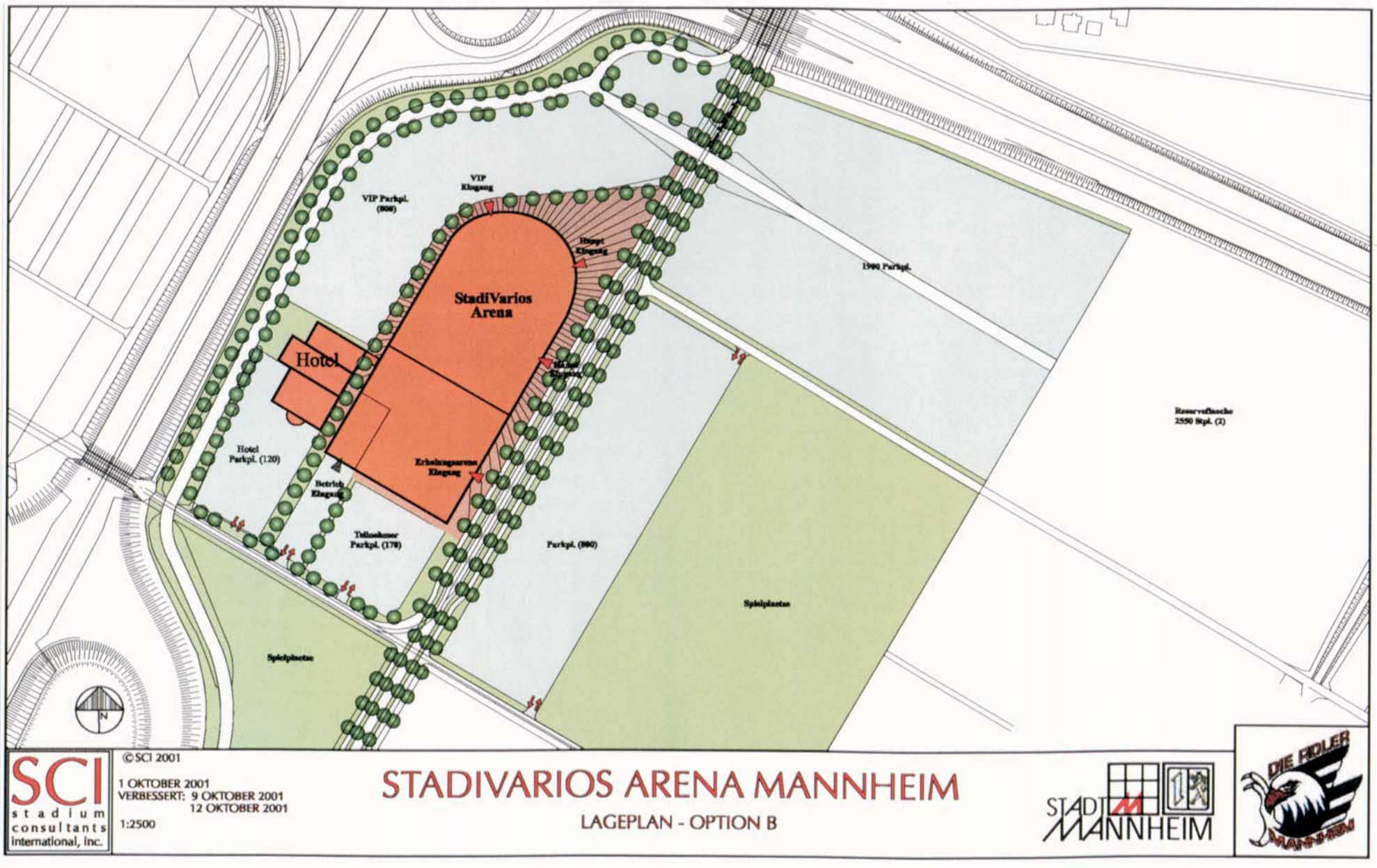
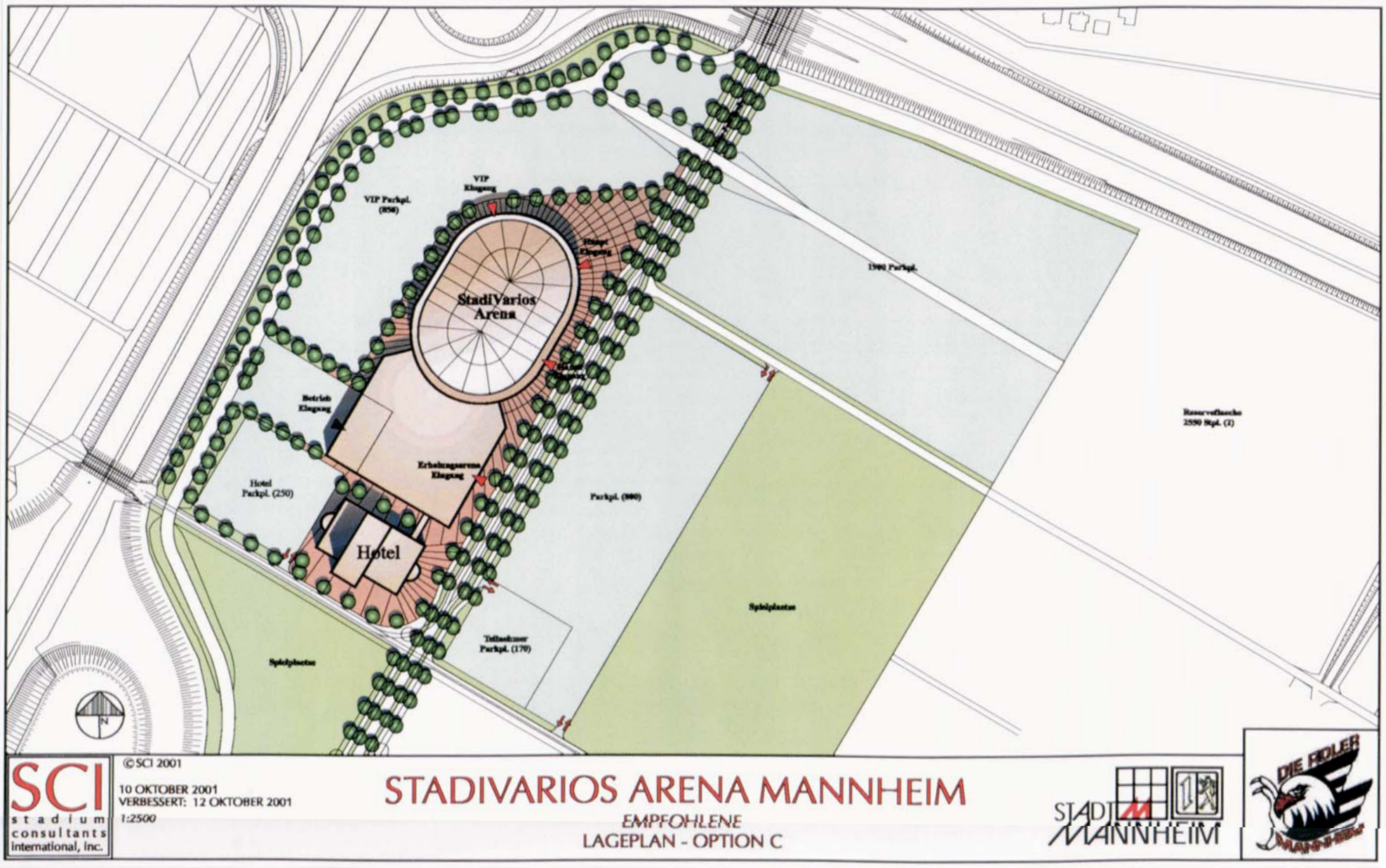
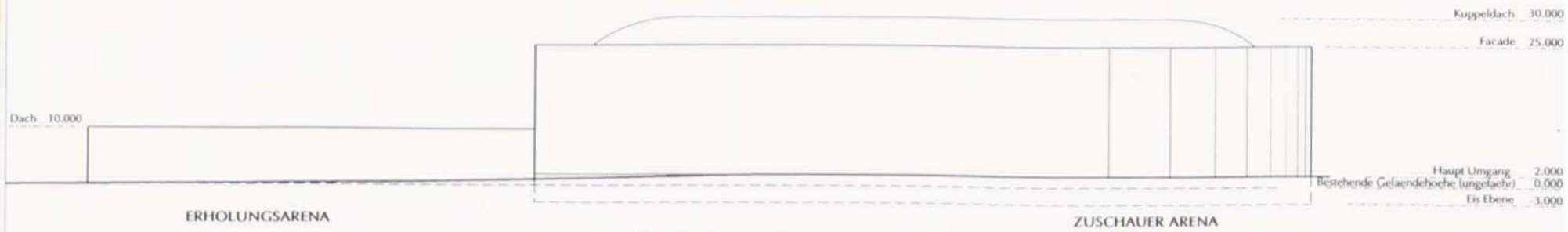


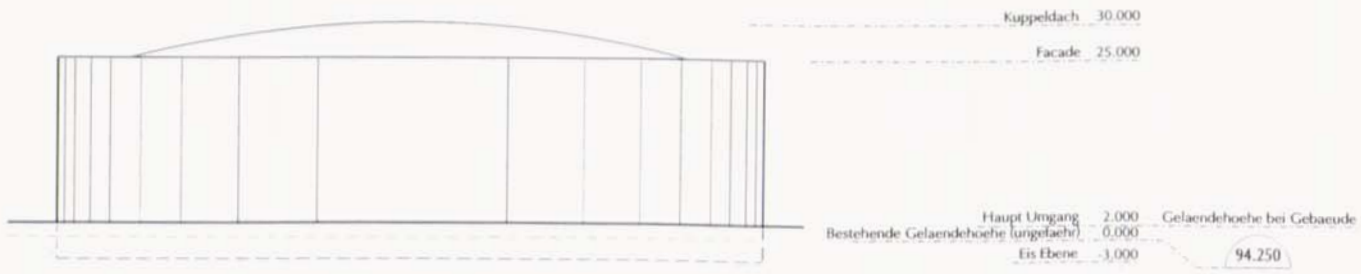
ABB. 22 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

MArena - Planungsvariante C, Gebäudeansicht mit vorgeschlagenen Bauhöhen





SÜD-OST ANSICHT

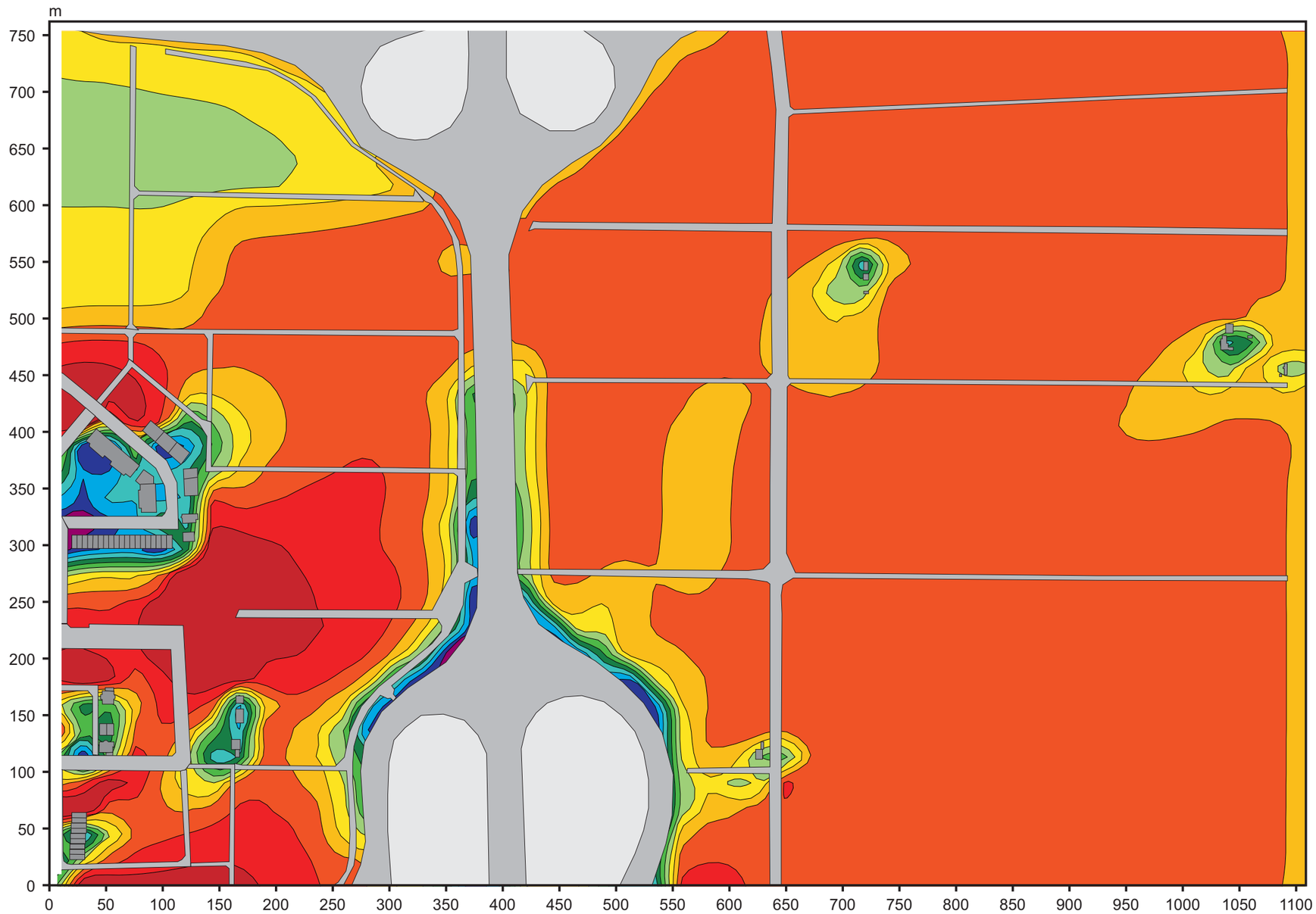


NORD-OST ANSICHT

ABB. 23 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld

Ist-Zustand



Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts oben nach links unten aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

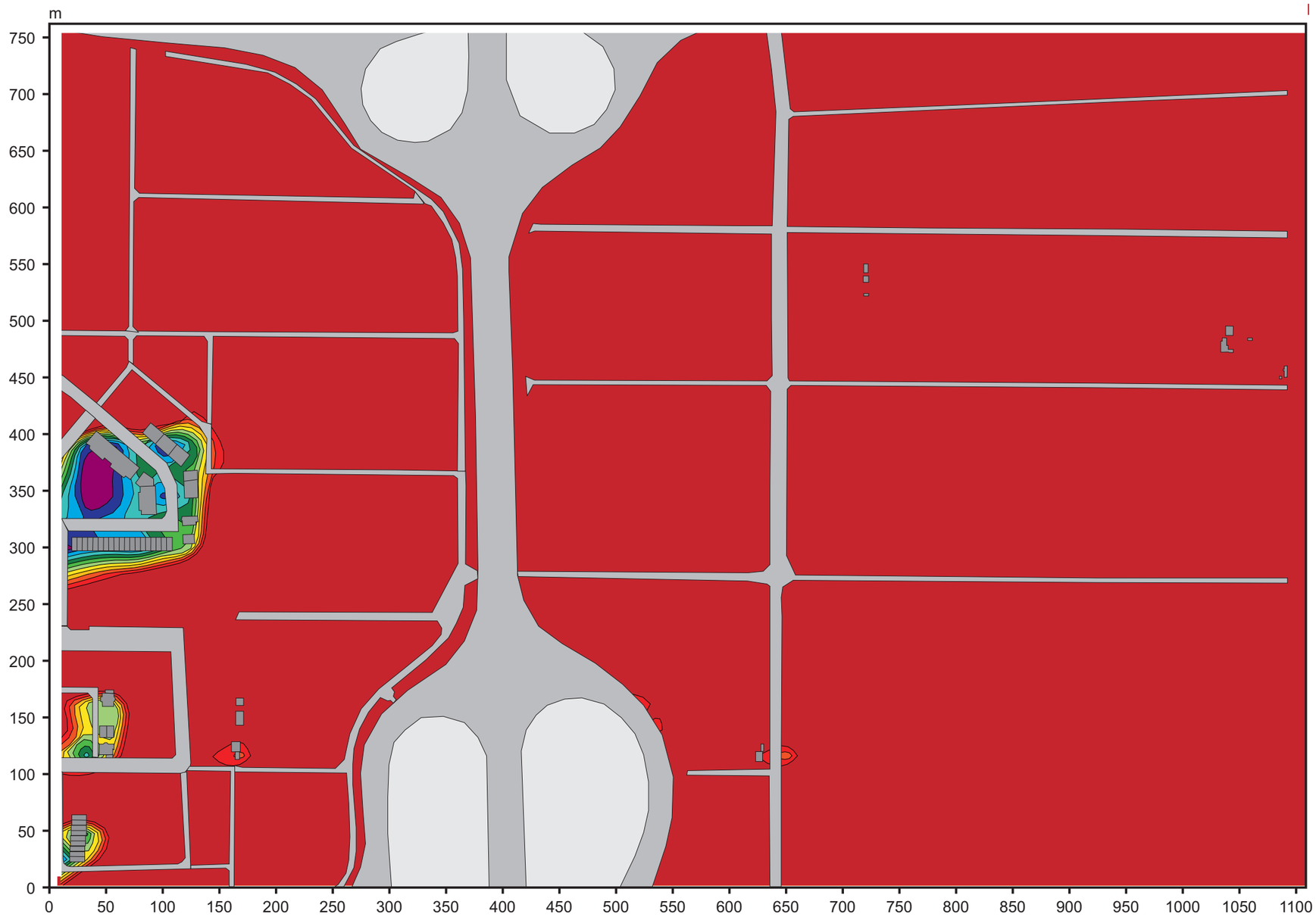
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 24 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Ist-Zustand



Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G.
Windanströmung von rechts oben nach links unten aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

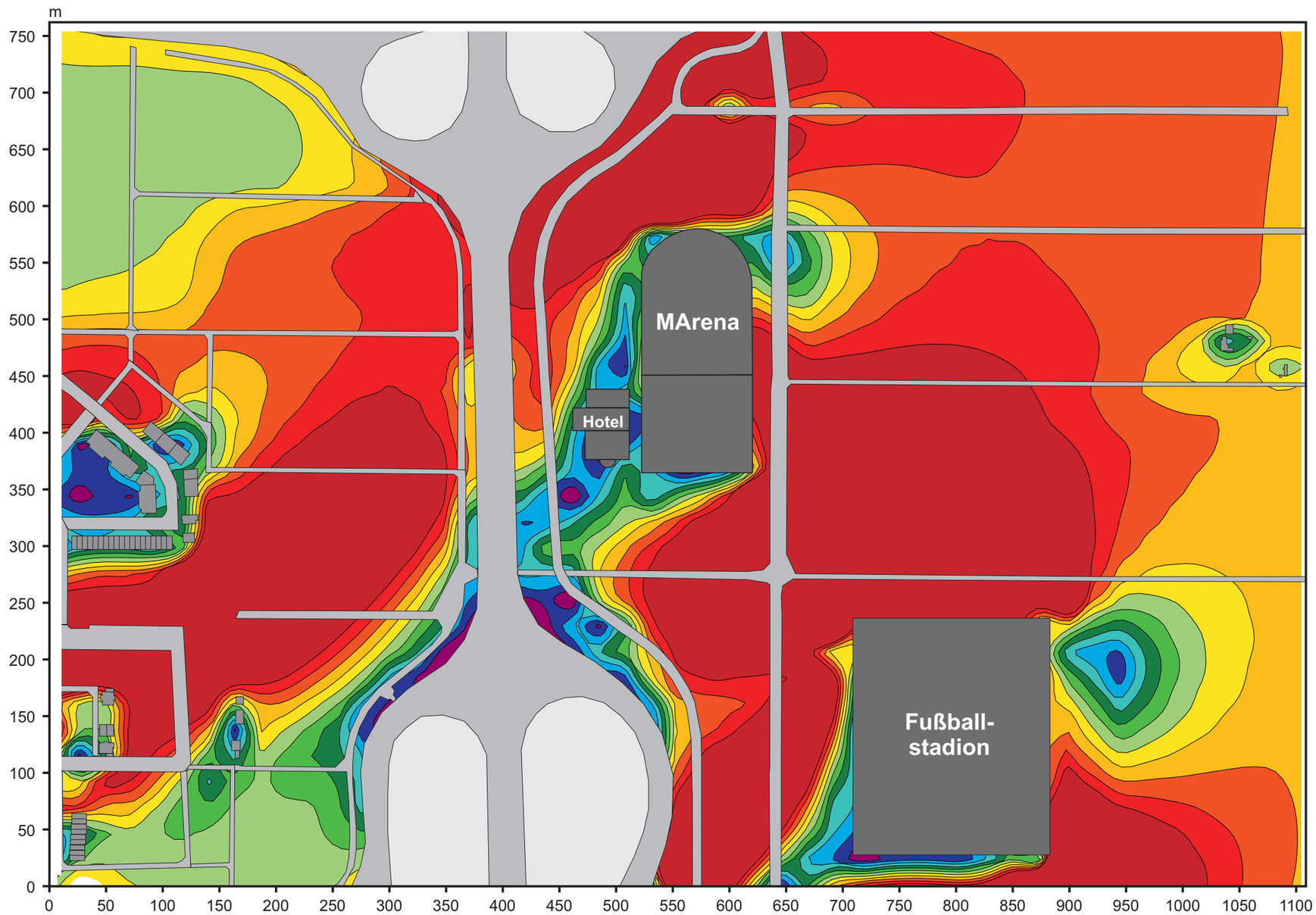
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 25 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts oben nach links unten aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

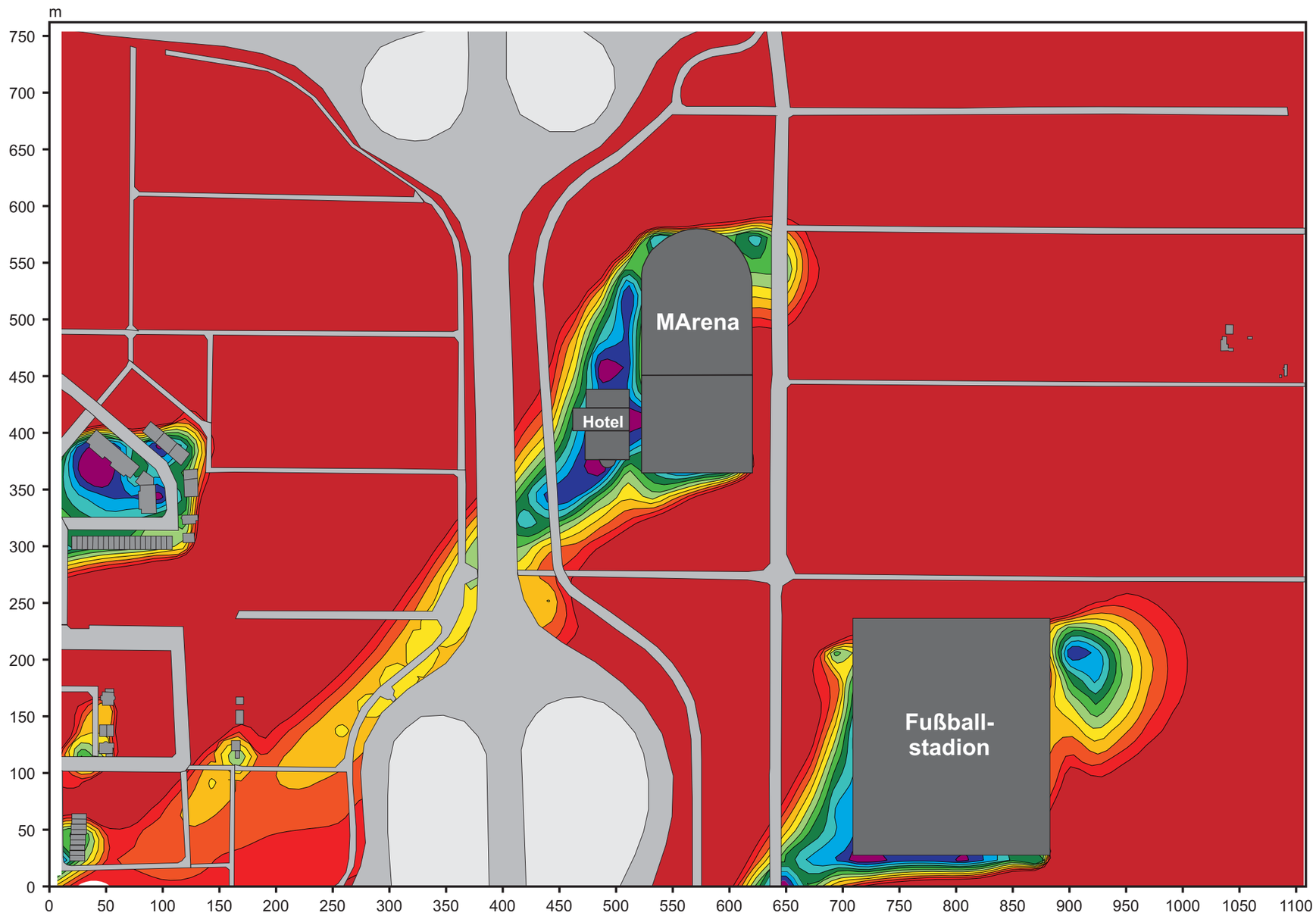
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 26 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G.
Windanströmung von rechts oben nach links unten aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

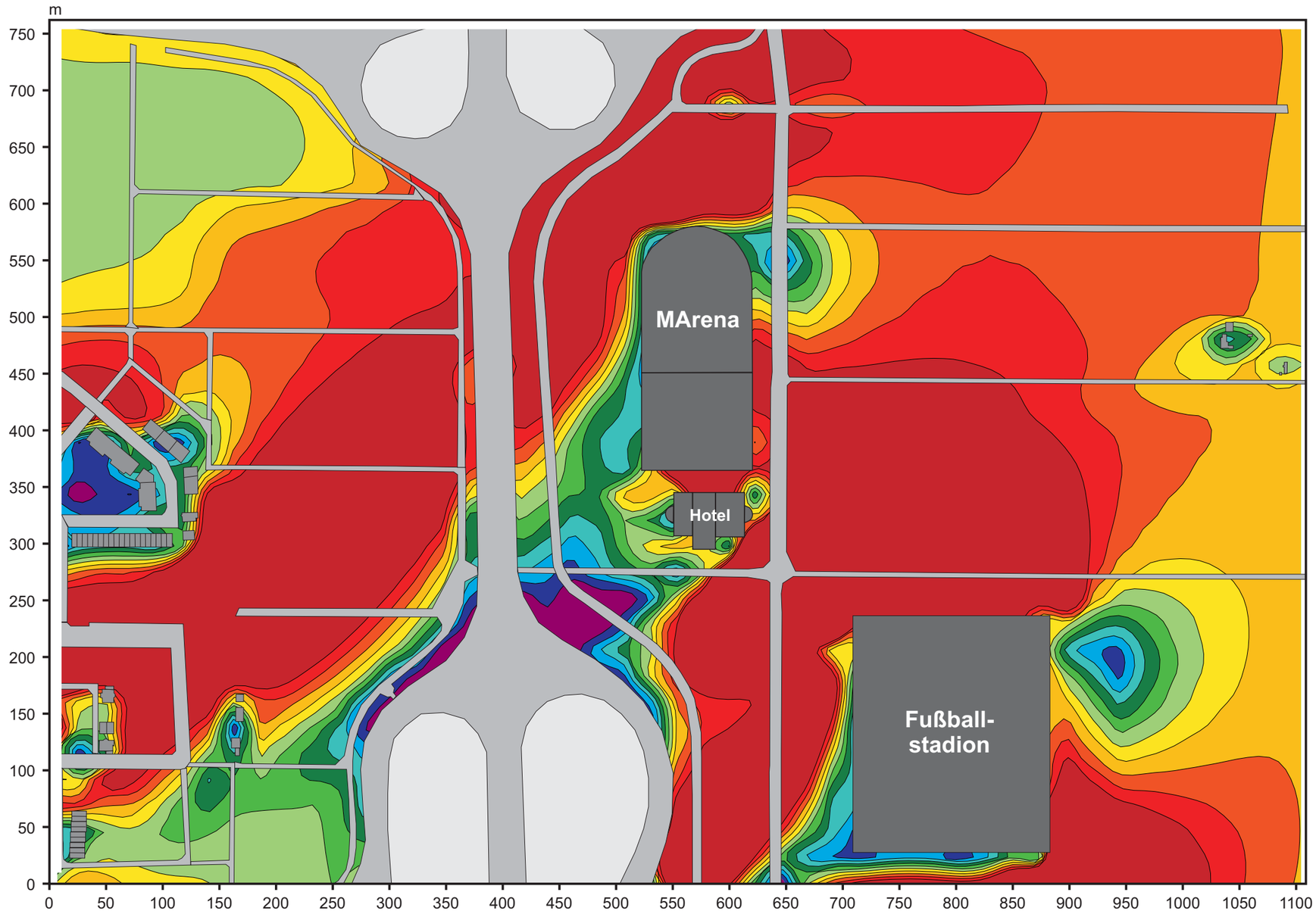
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 27 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts oben nach links unten aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

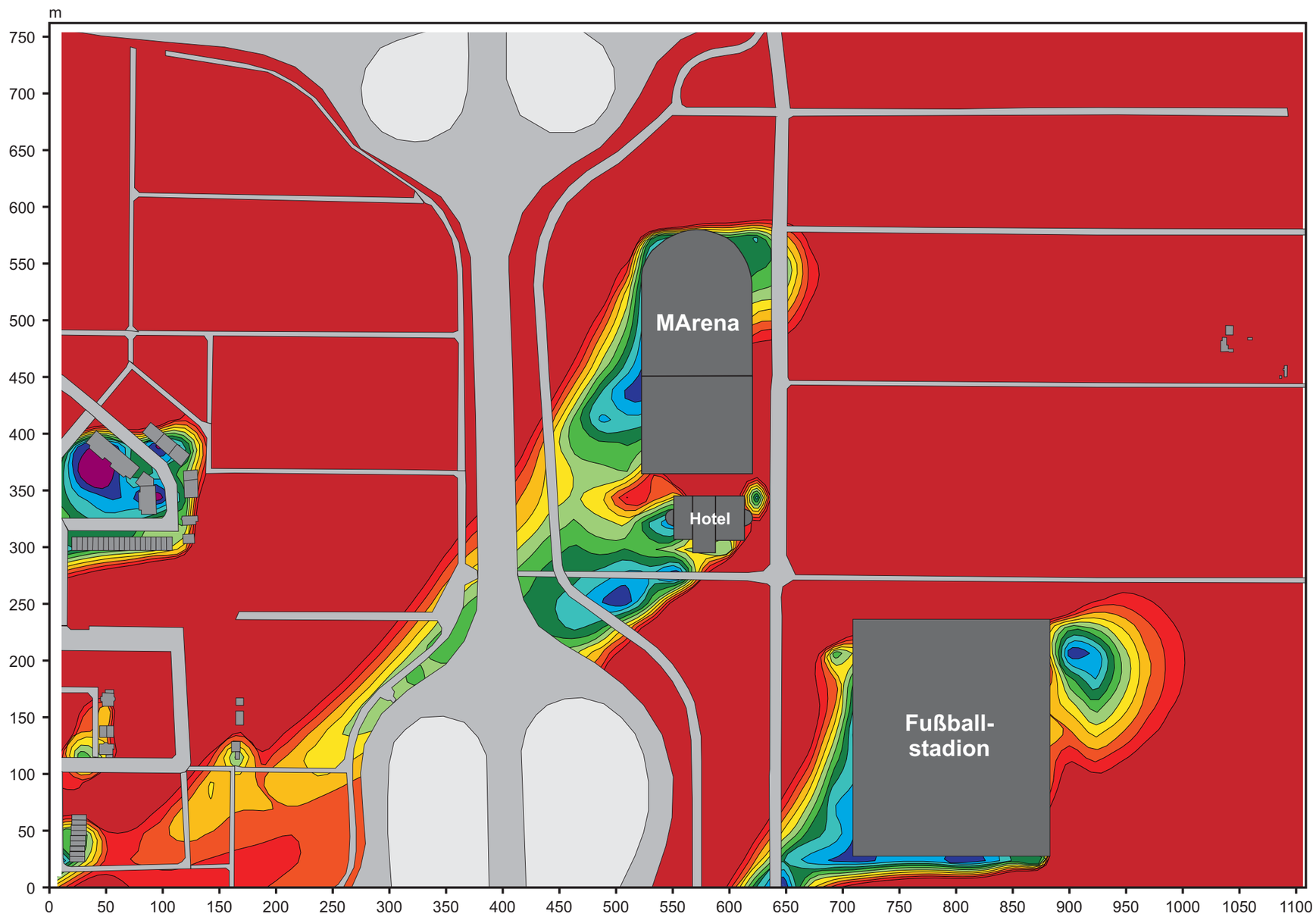
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 28 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G.
Windanströmung von rechts oben nach links unten aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

Gebäude

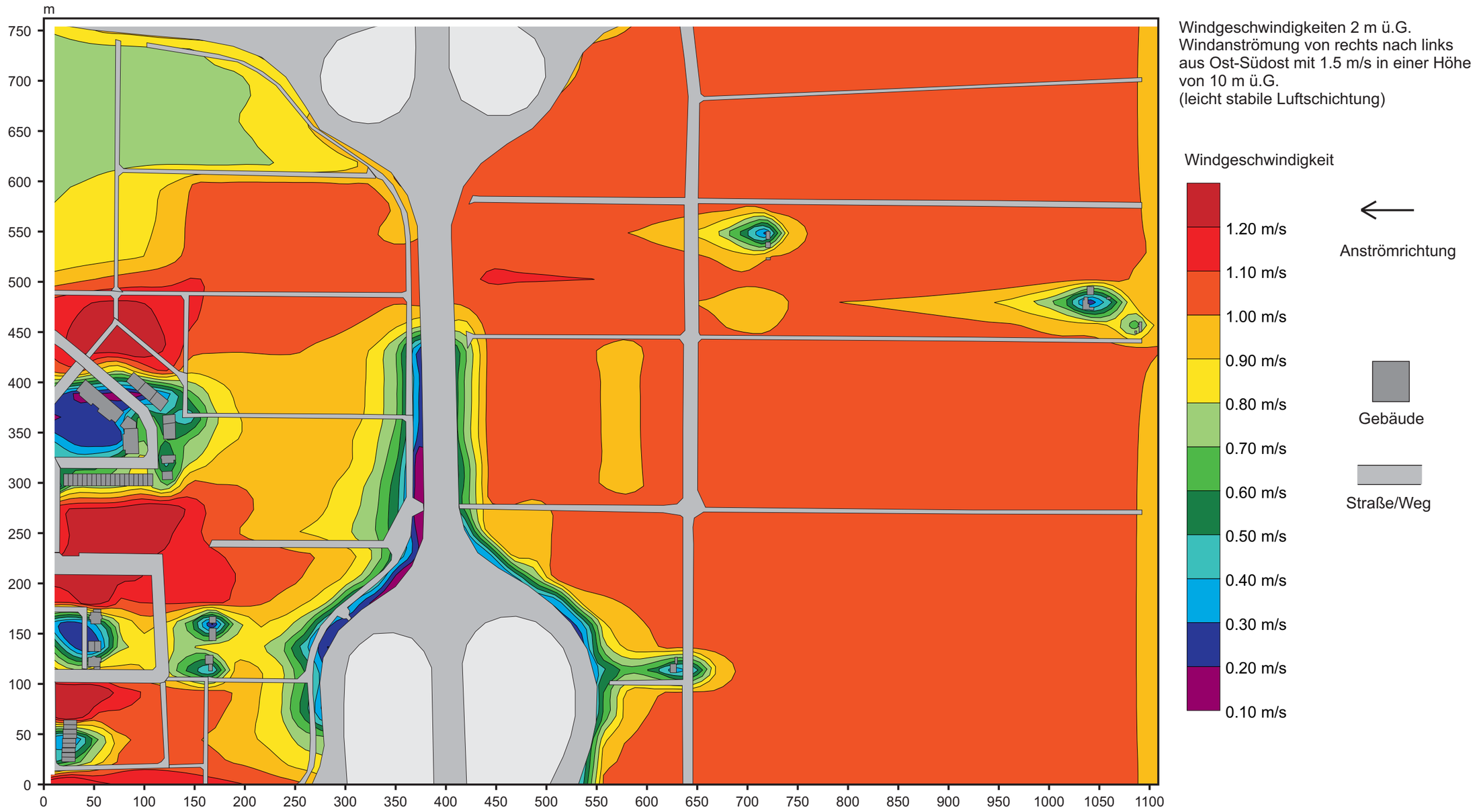
Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 29 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld

Ist-Zustand

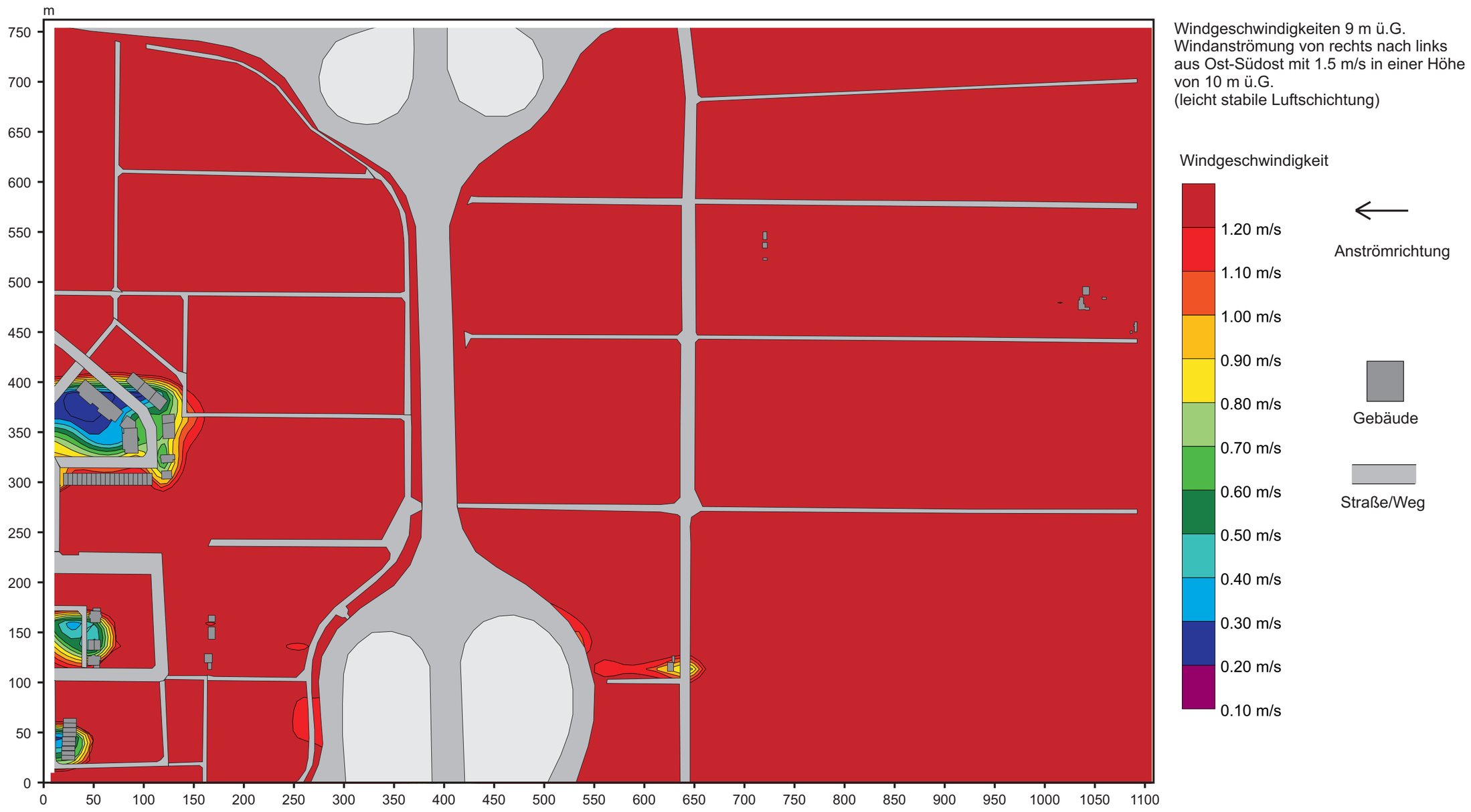


ÖKOPLANA

ABB. 30 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld

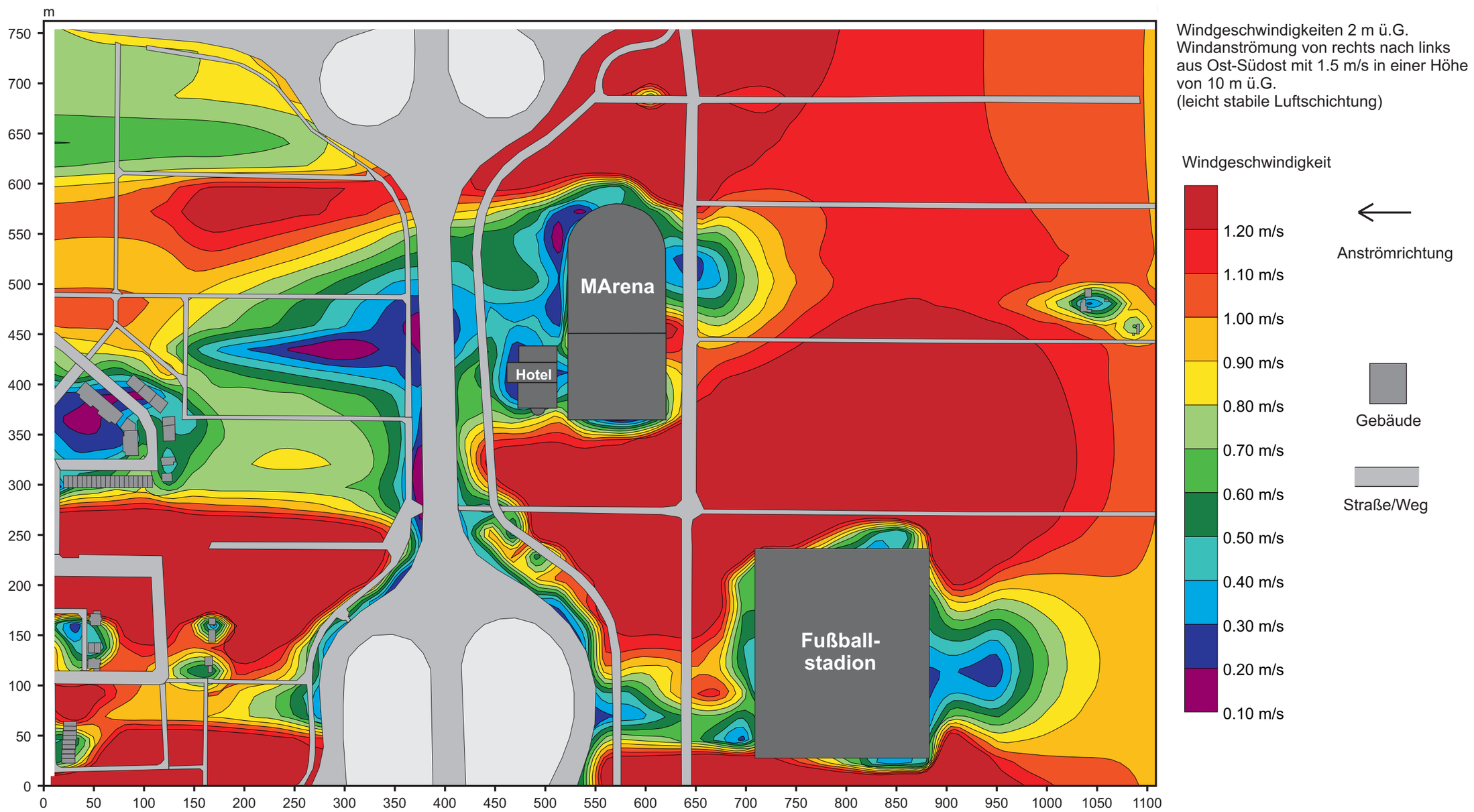
Ist-Zustand



ÖKOPLANA

ABB. 31 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

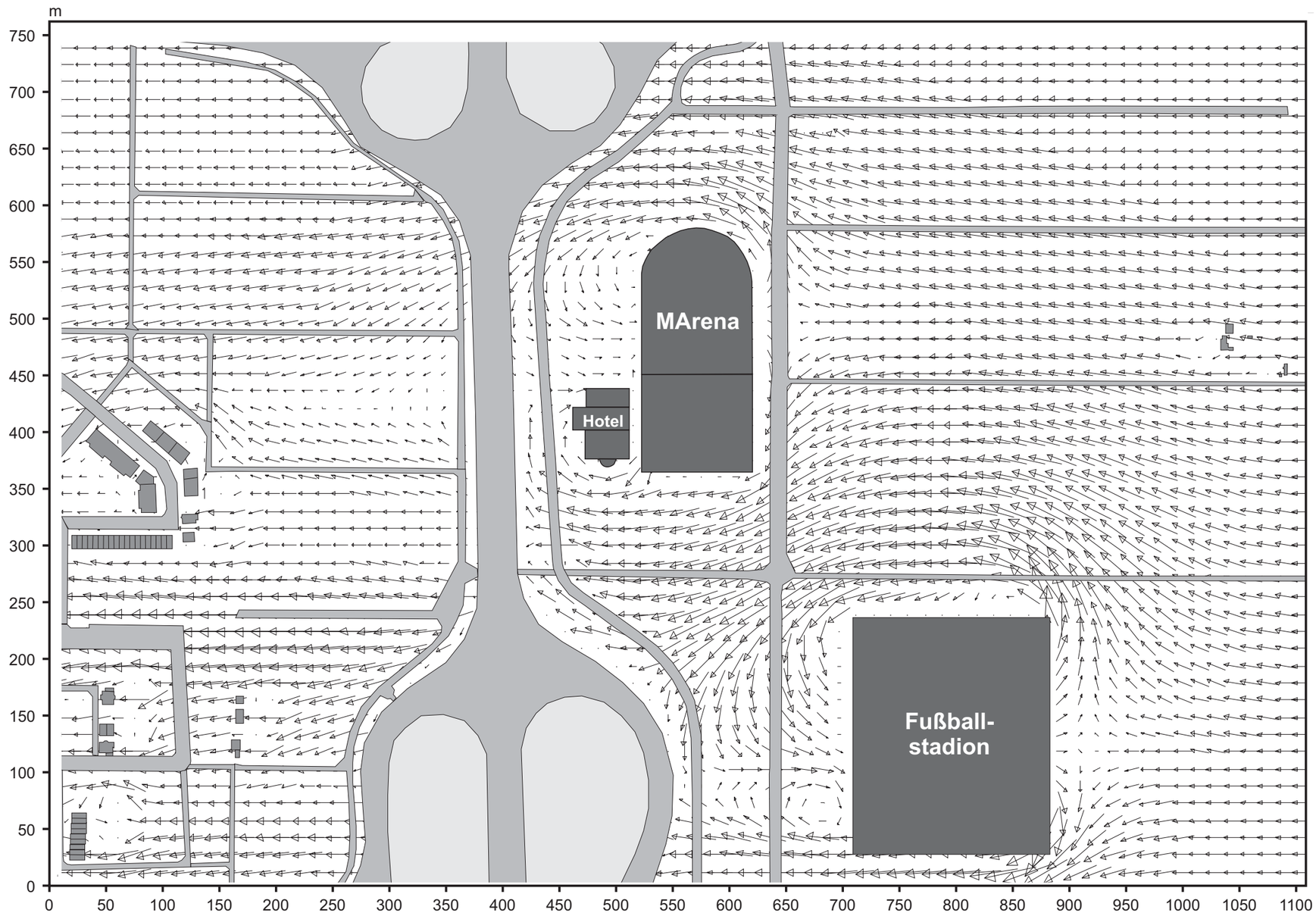
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions

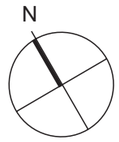


ÖKOPLANA

ABB. 32 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions





Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 1.5 m/s in einer Höhe
von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windvektoren

Anströmrichtung

Windgeschwindigkeit (5 m/s)

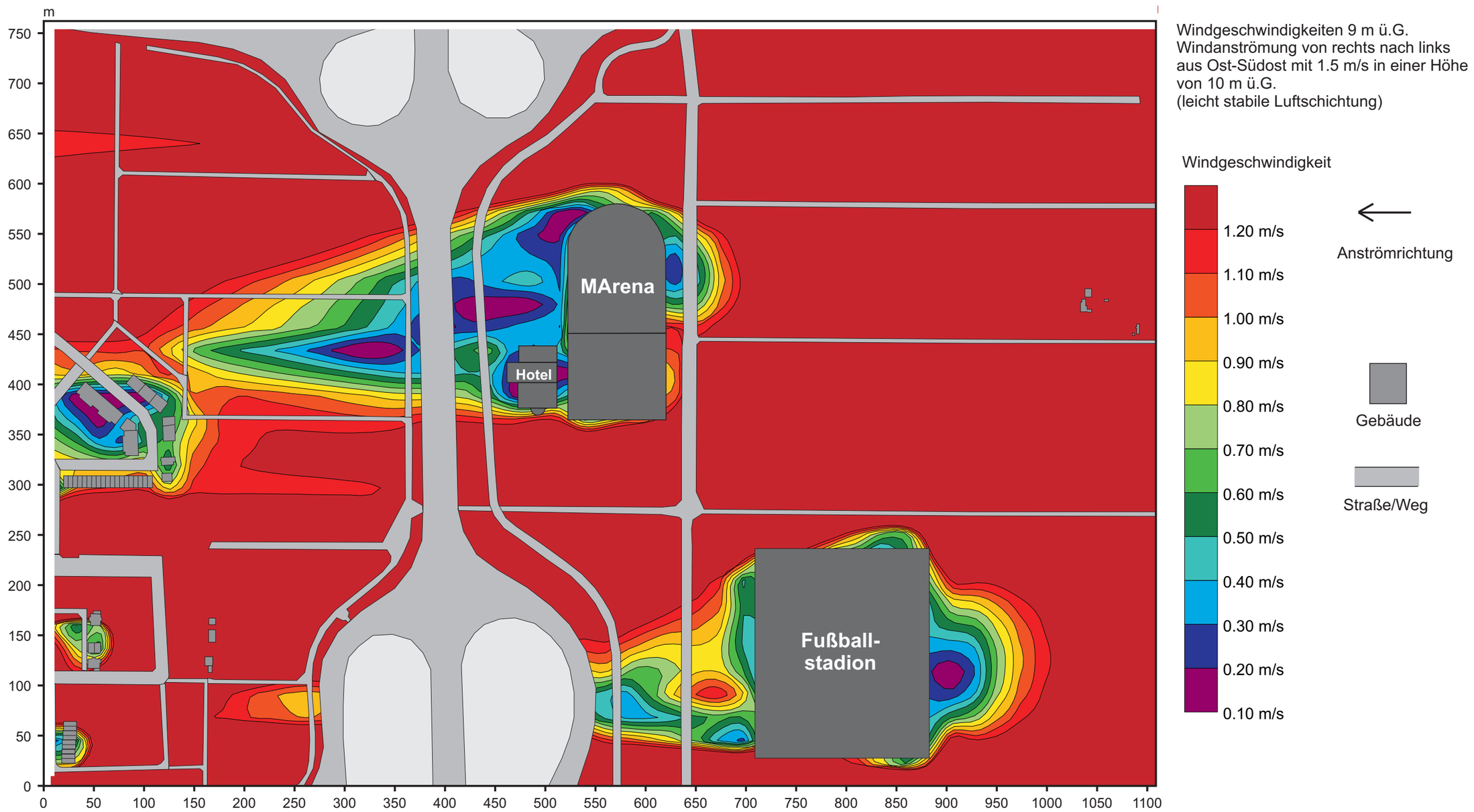
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 33 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

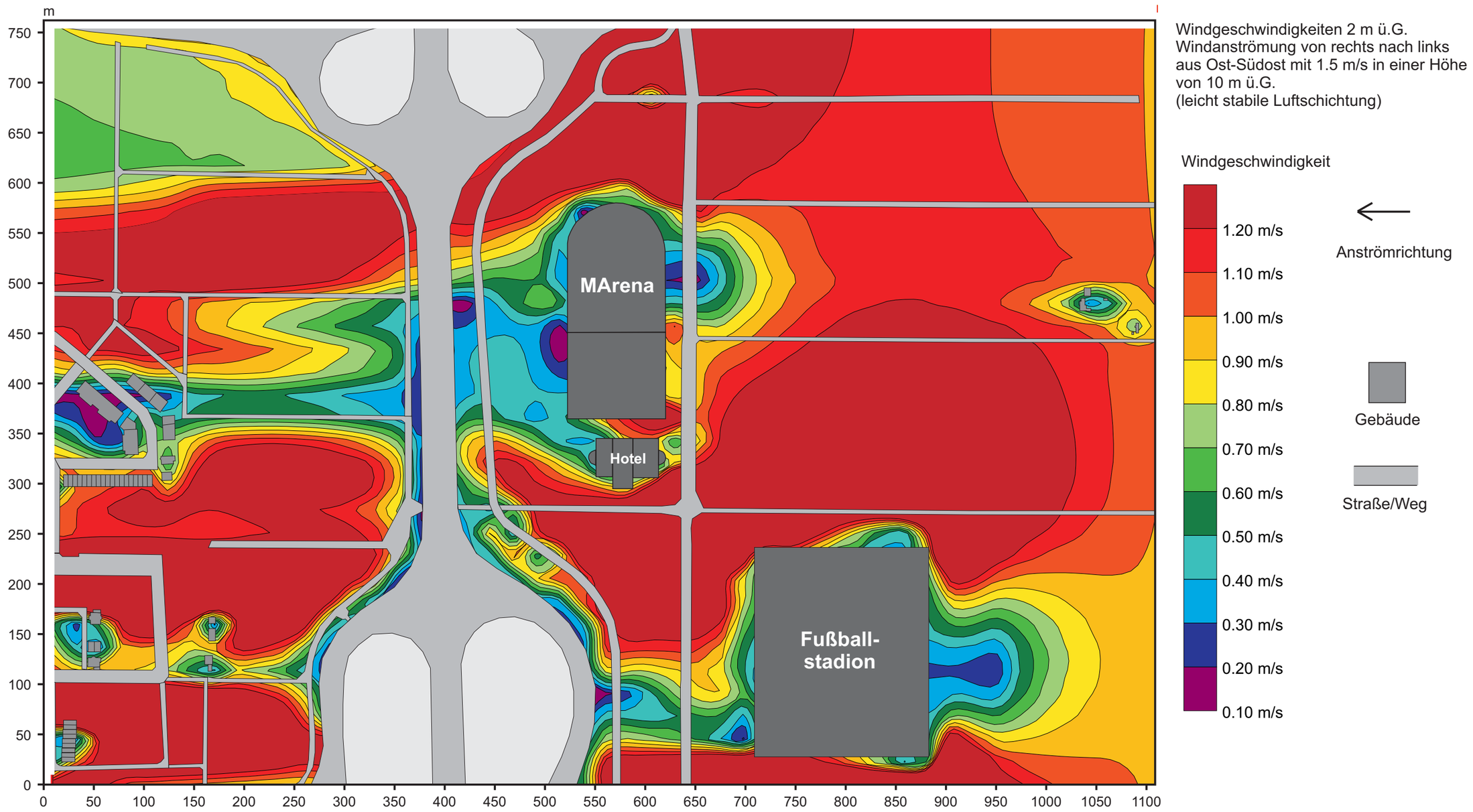
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 34 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions

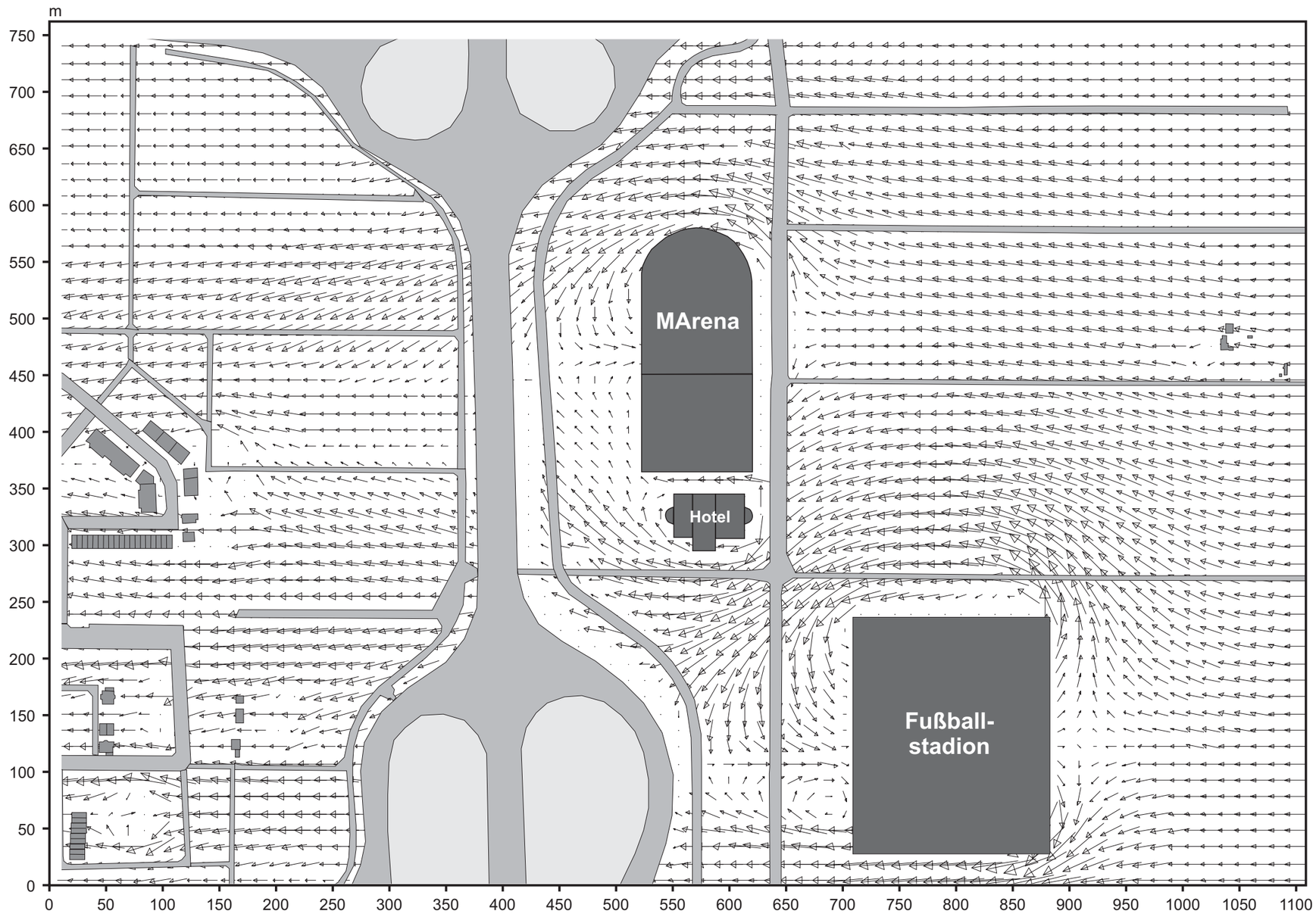


ÖKOPLANA

ABB. 35 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld

Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 1.5 m/s in einer Höhe
von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windvektoren

Anströmrichtung

Windgeschwindigkeit (5 m/s)

Gebäude

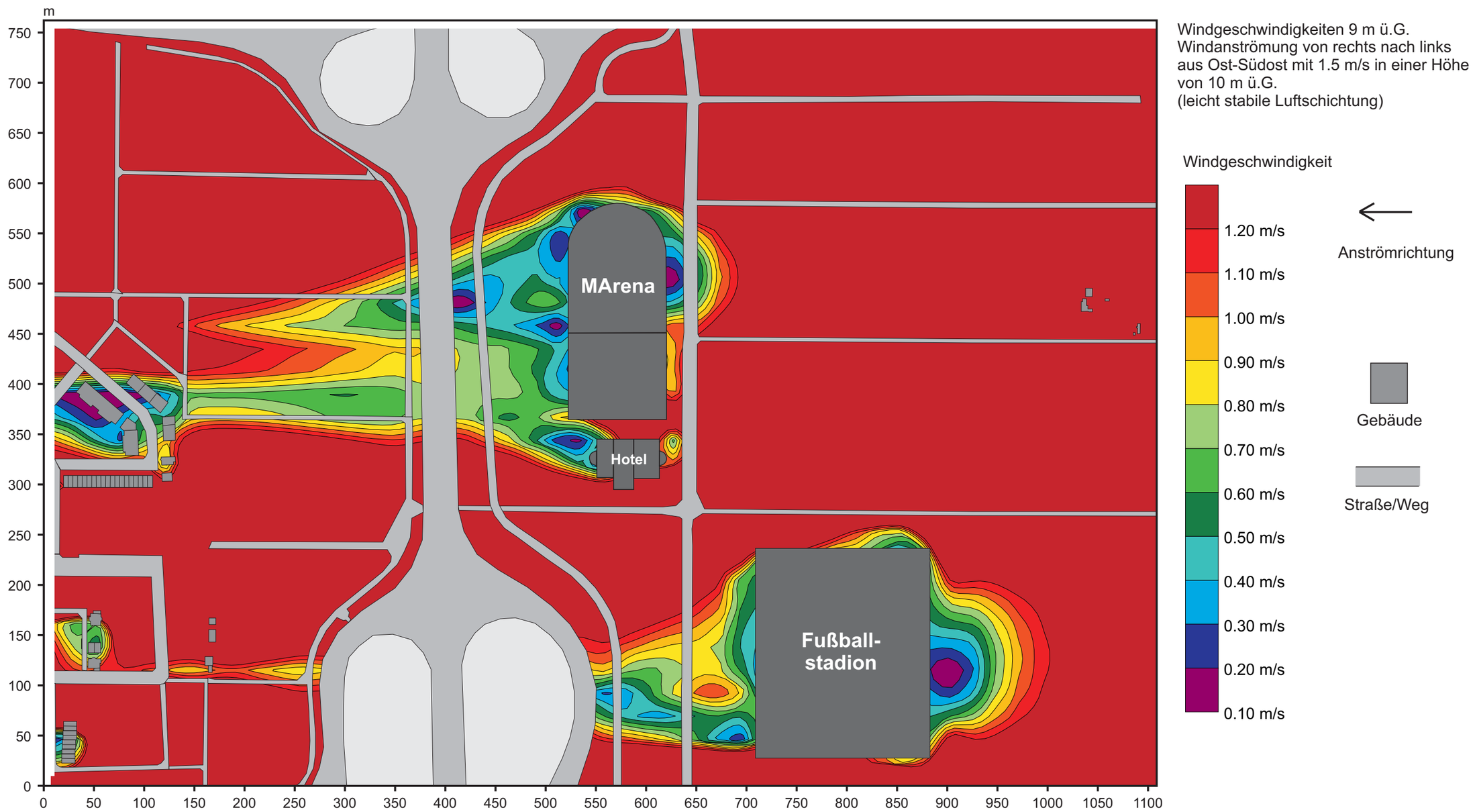
Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 36 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld

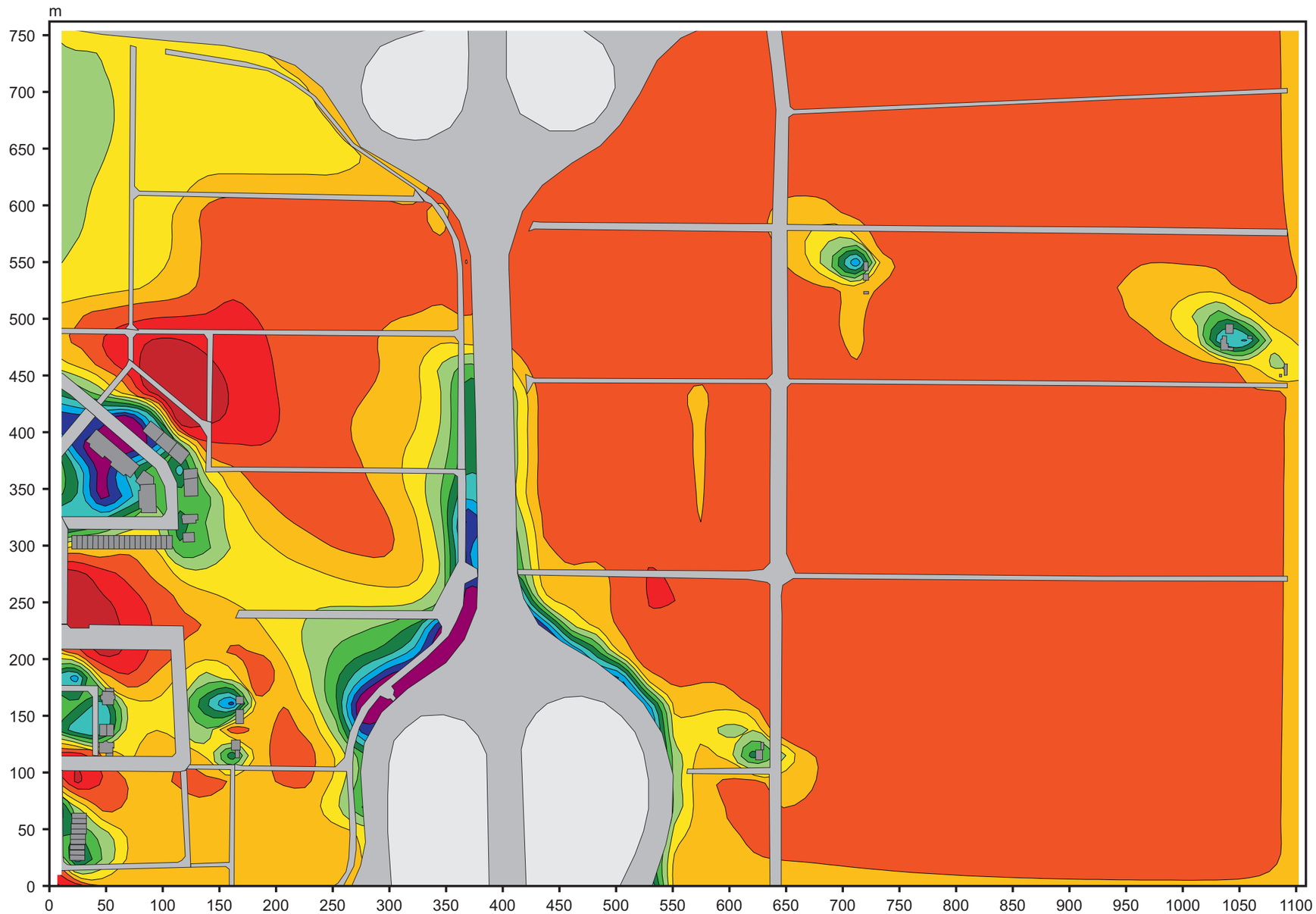
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 37 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Ist-Zustand



Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts unten nach links oben aus Süd-Südost mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

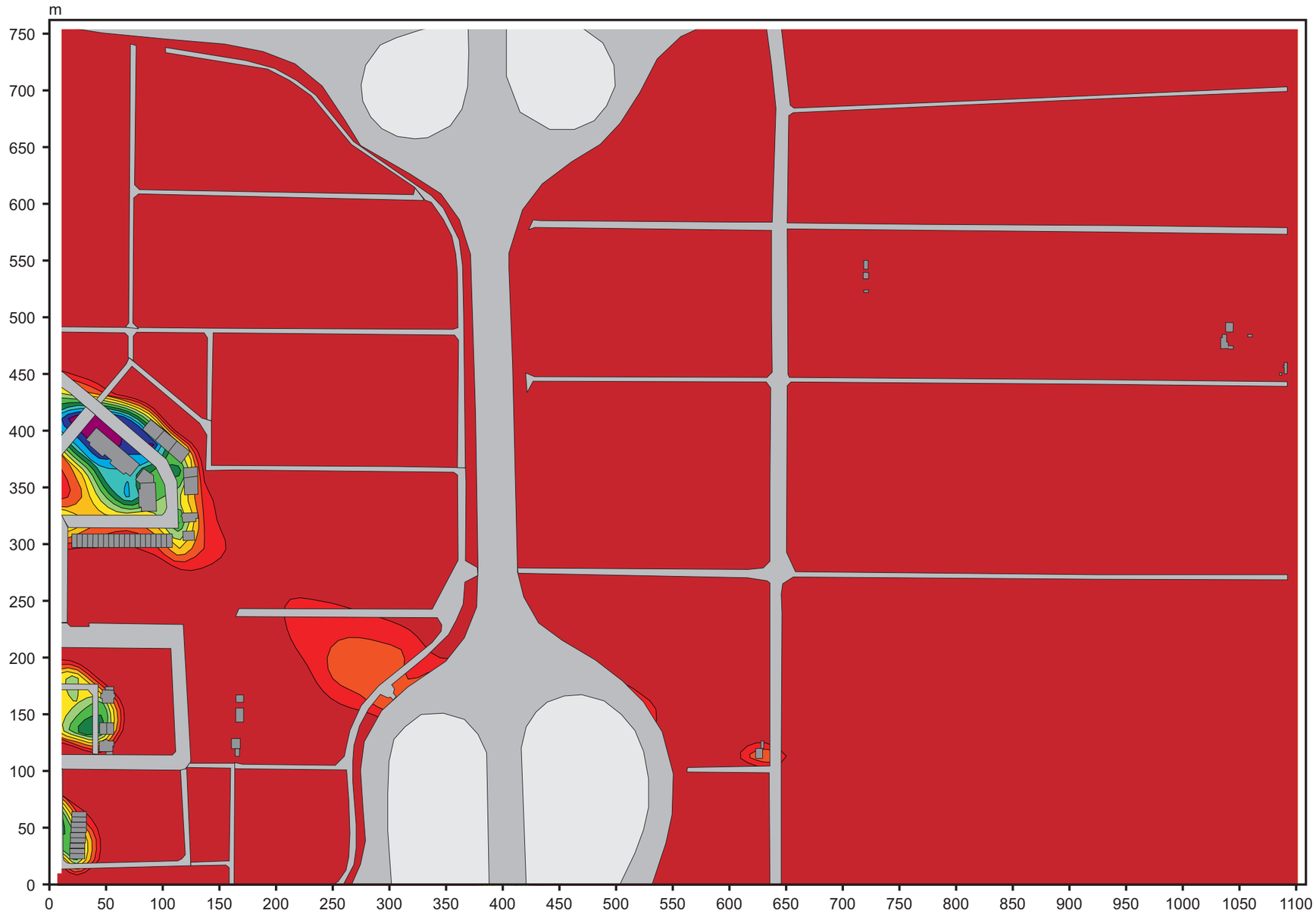
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 38 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Ist-Zustand



Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G.
Windanströmung von rechts unten nach links oben aus Süd-Südost mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

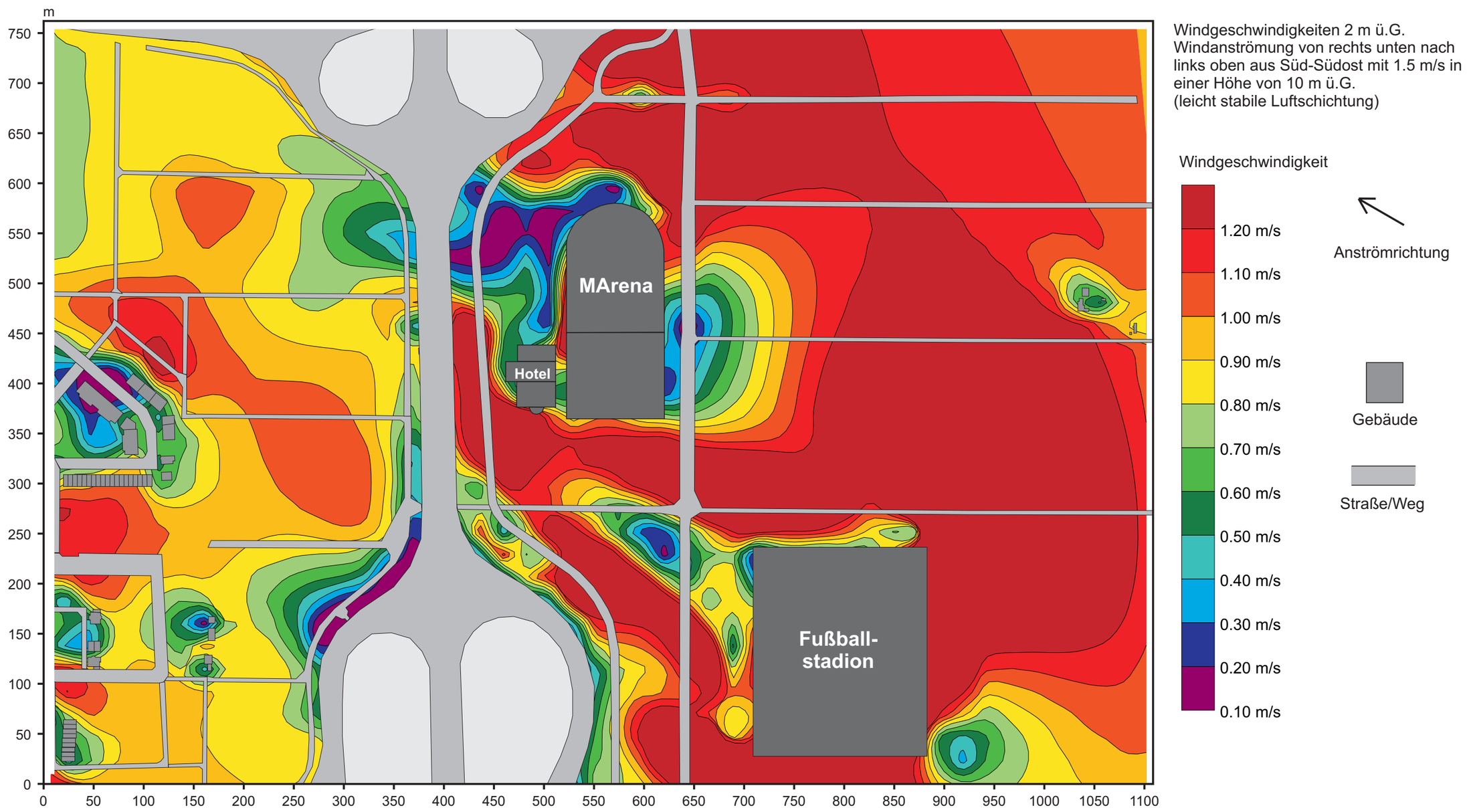
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 39 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

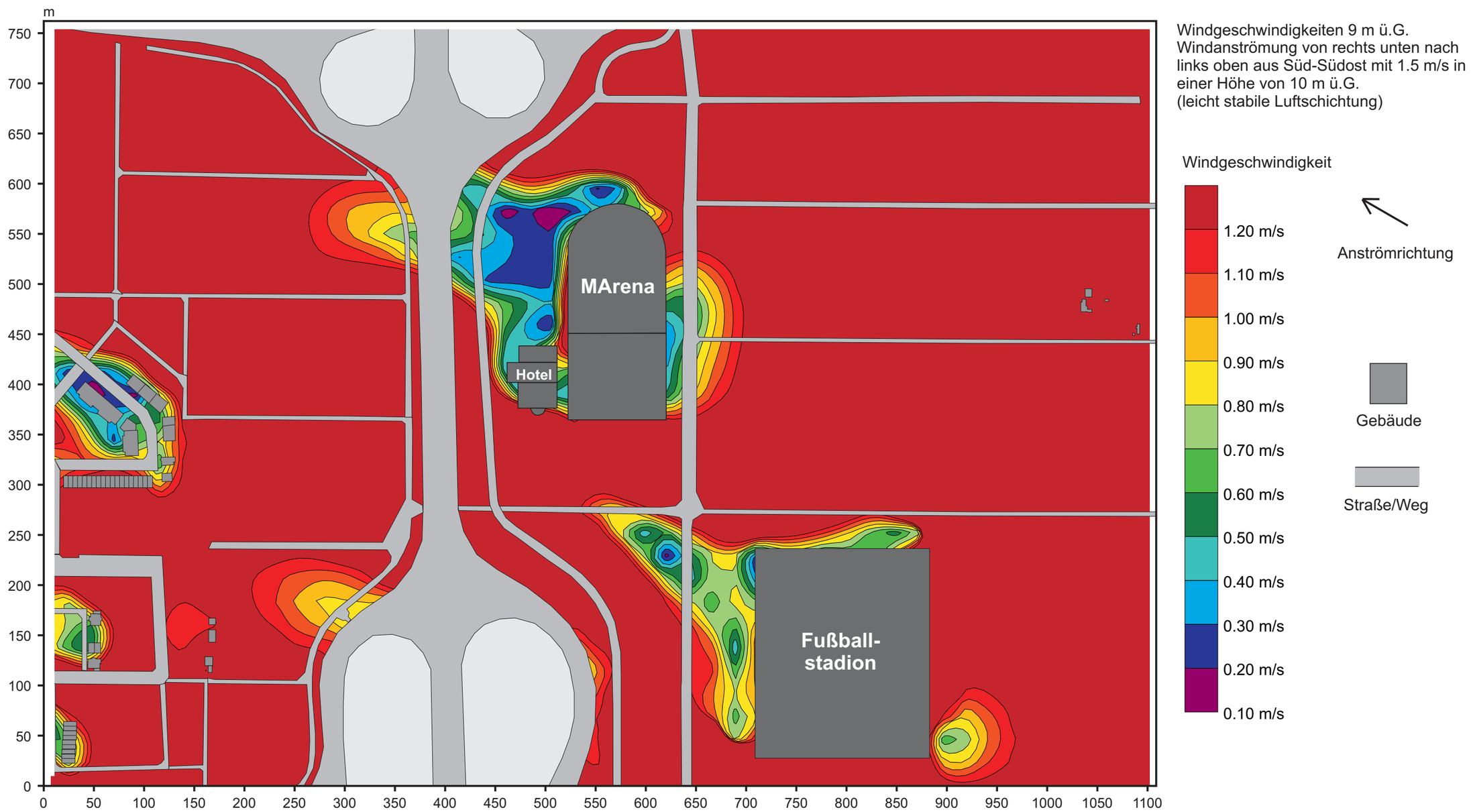
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 40 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

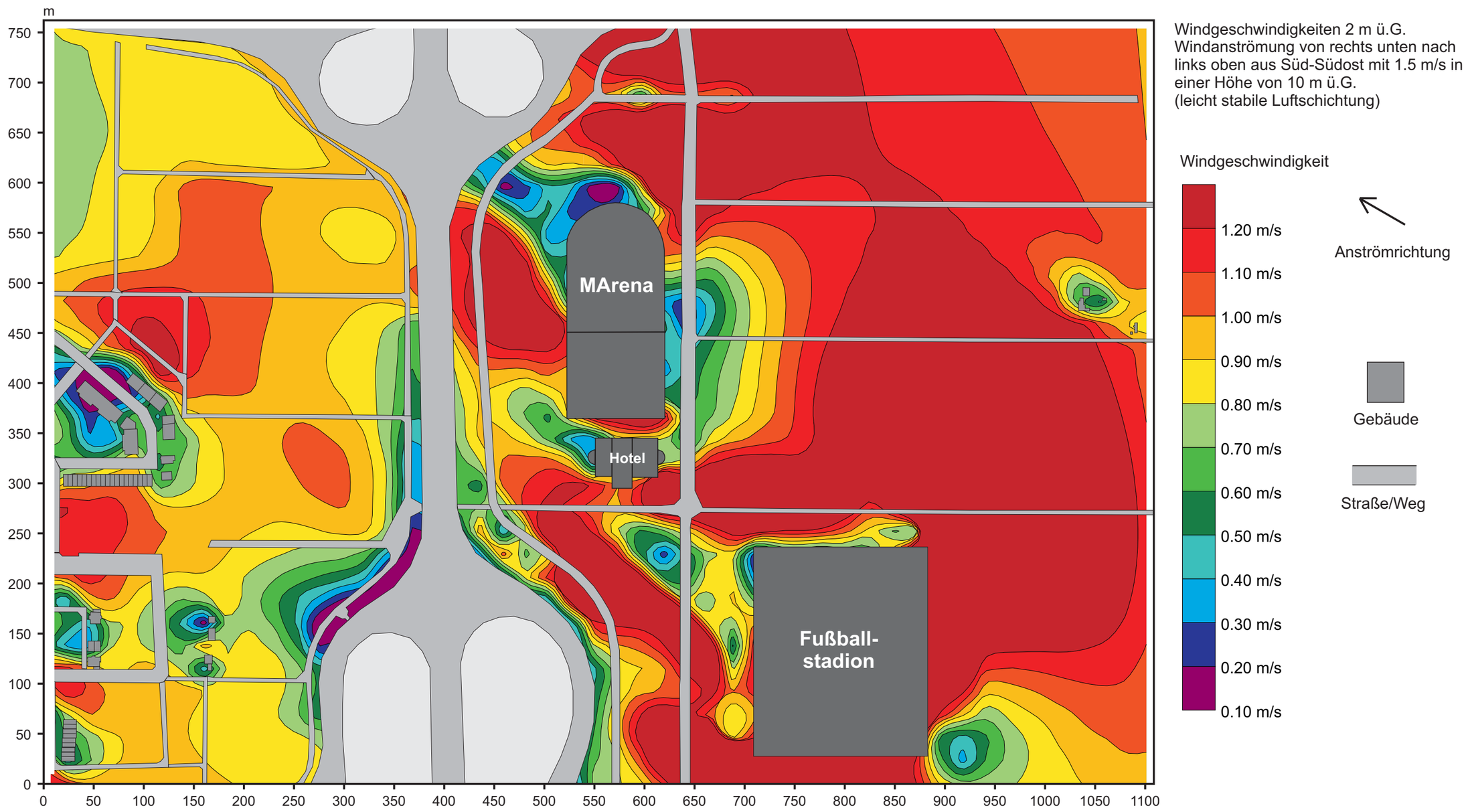
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 41 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

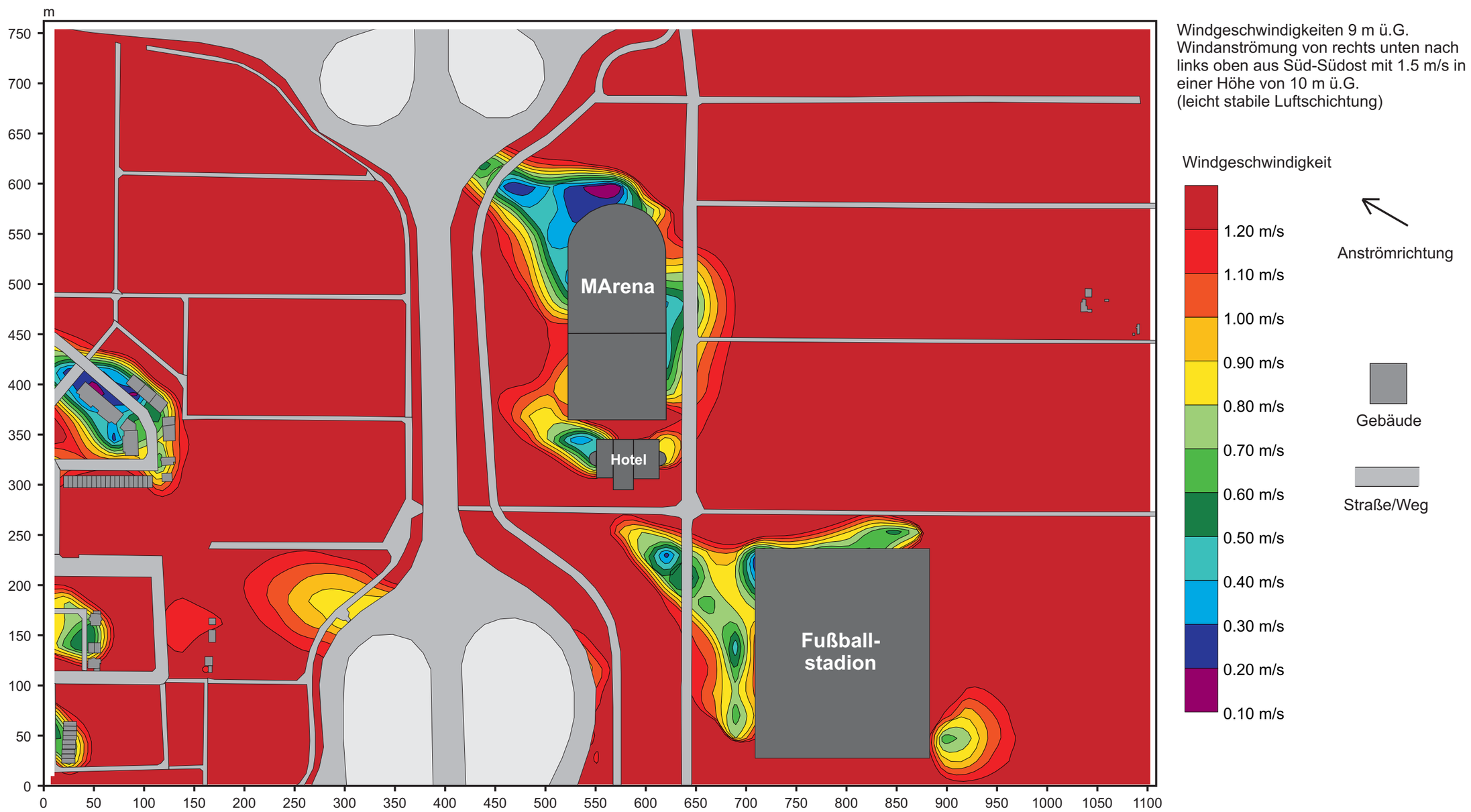
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 42 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

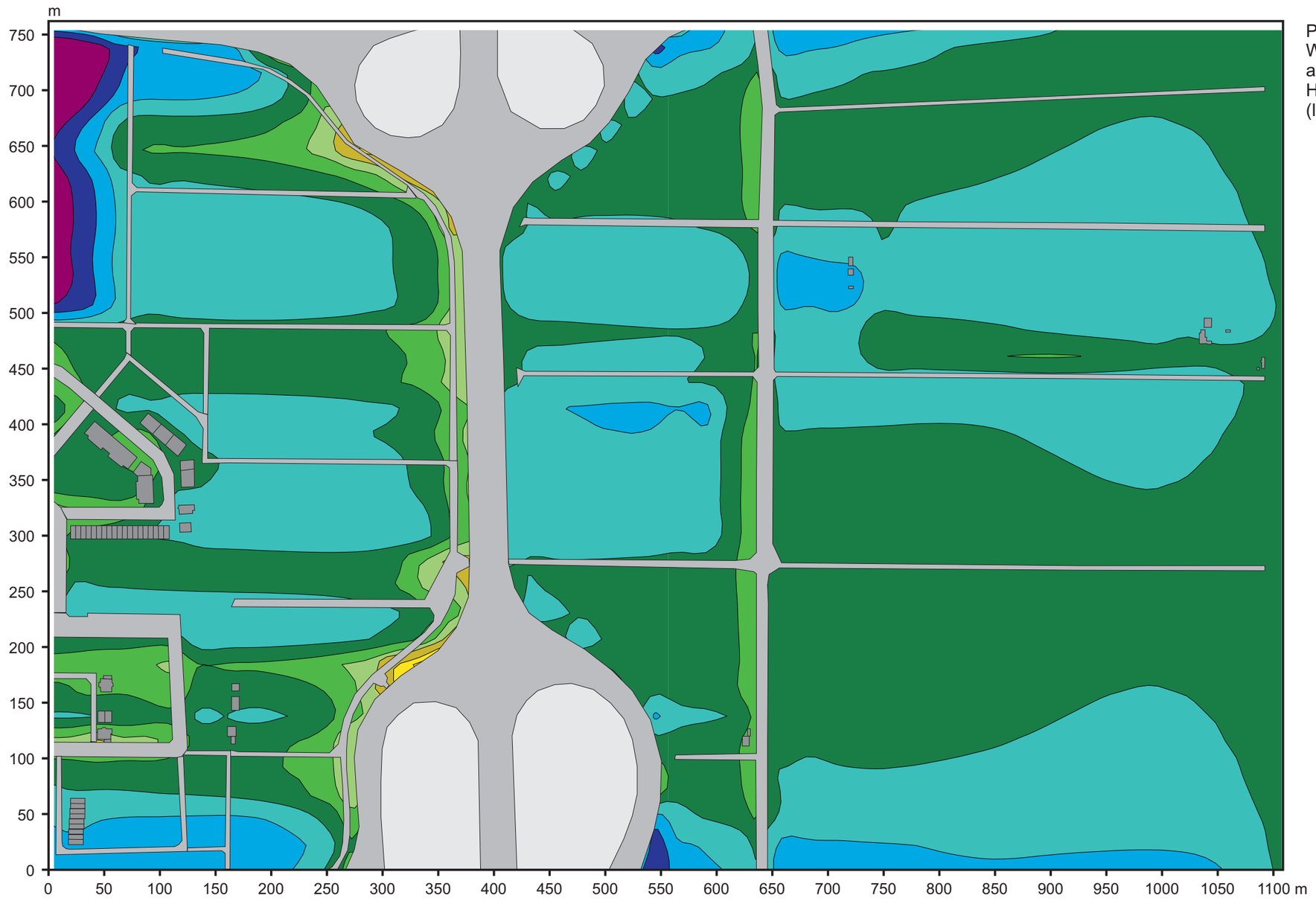
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 43 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Ist-Zustand



Potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 2.0 m/s in einer
Höhe von 10 m ü.G.
(labile Luftschichtung)

Potentielle Lufttemperatur **(Tag: 14:00 Uhr)**

28.6 °C
28.4 °C
28.2 °C
28.0 °C
27.8 °C
27.6 °C
27.4 °C
27.2 °C
27.0 °C
26.8 °C
26.6 °C
26.4 °C
26.2 °C
26.0 °C

Anströmrichtung

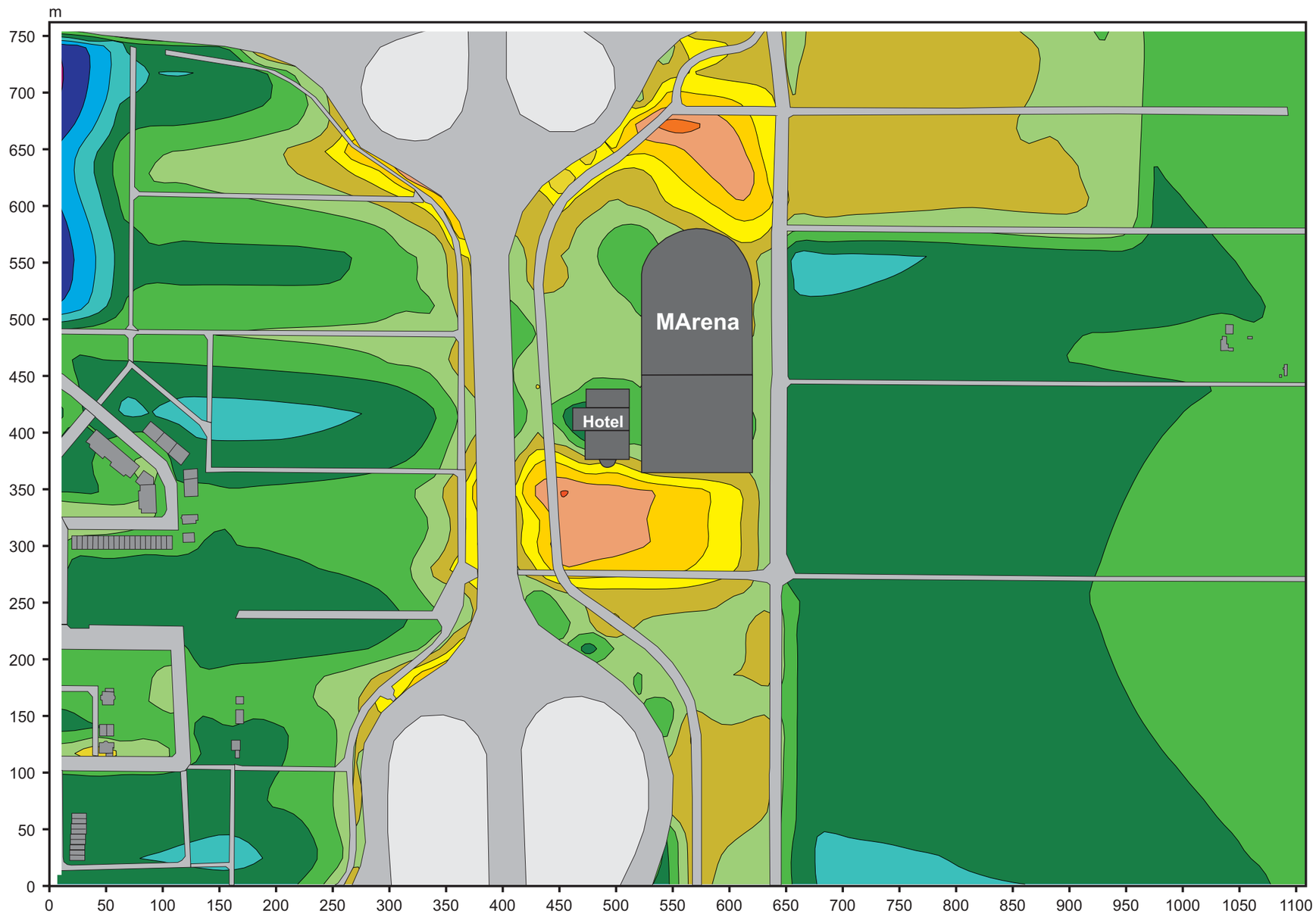
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 44 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - ohne Berücksichtigung eines Fußballstadions



Potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 2.0 m/s in einer
Höhe von 10 m ü.G.
(labile Luftschichtung)

Potentielle Lufttemperatur **(Tag: 14:00 Uhr)**

28.6 °C
28.4 °C
28.2 °C
28.0 °C
27.8 °C
27.6 °C
27.4 °C
27.2 °C
27.0 °C
26.8 °C
26.6 °C
26.4 °C
26.2 °C
26.0 °C

Anströmrichtung

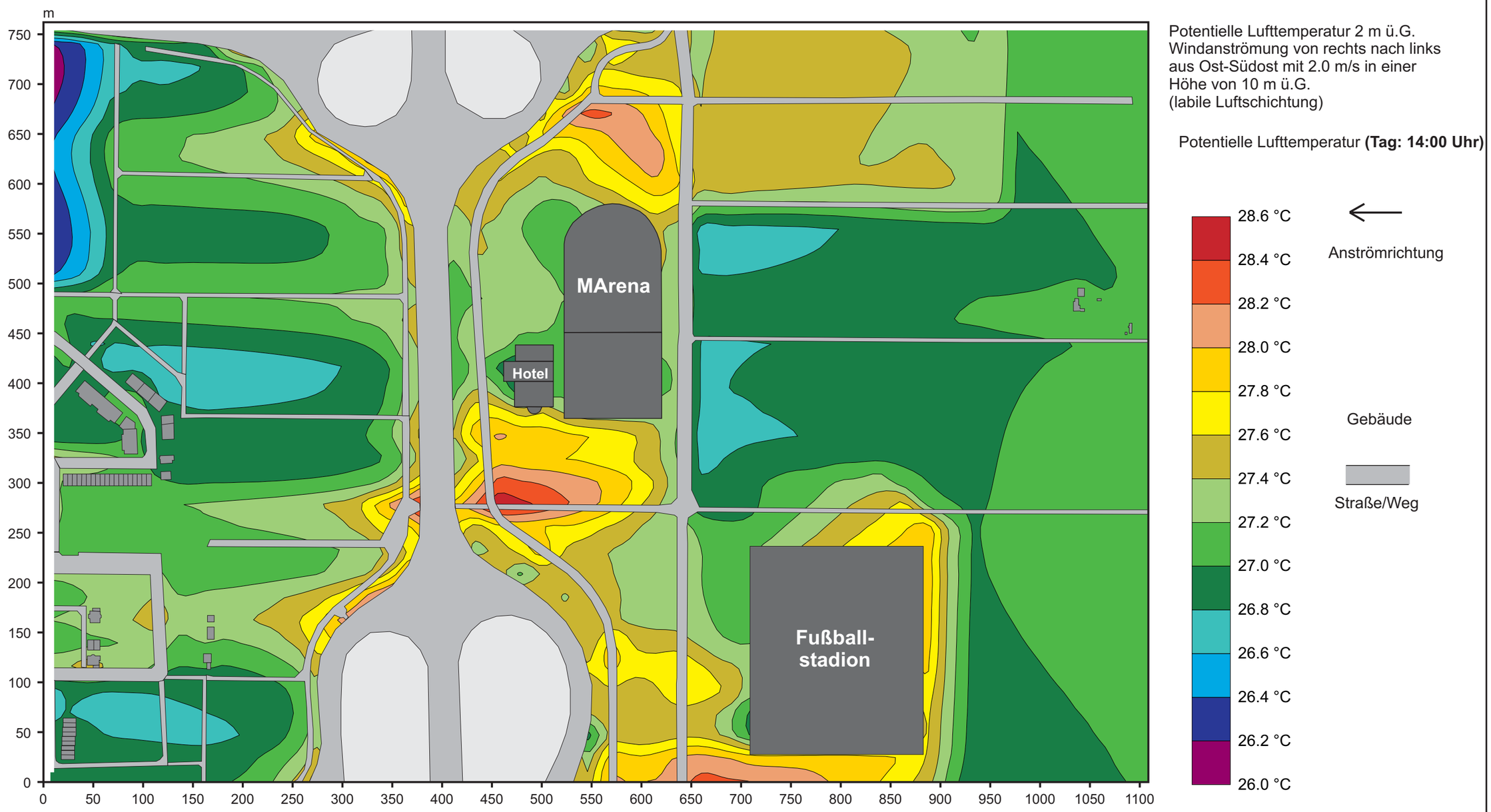
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 45 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 46 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - ohne Berücksichtigung eines Fußballstadions

Potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 2.0 m/s in einer
Höhe von 10 m ü.G.
(labile Luftschichtung)

Potentielle Lufttemperatur **(Tag: 14:00 Uhr)**

28.6 °C
28.4 °C
28.2 °C
28.0 °C
27.8 °C
27.6 °C
27.4 °C
27.2 °C
27.0 °C
26.8 °C
26.6 °C
26.4 °C
26.2 °C
26.0 °C

Anströmrichtung

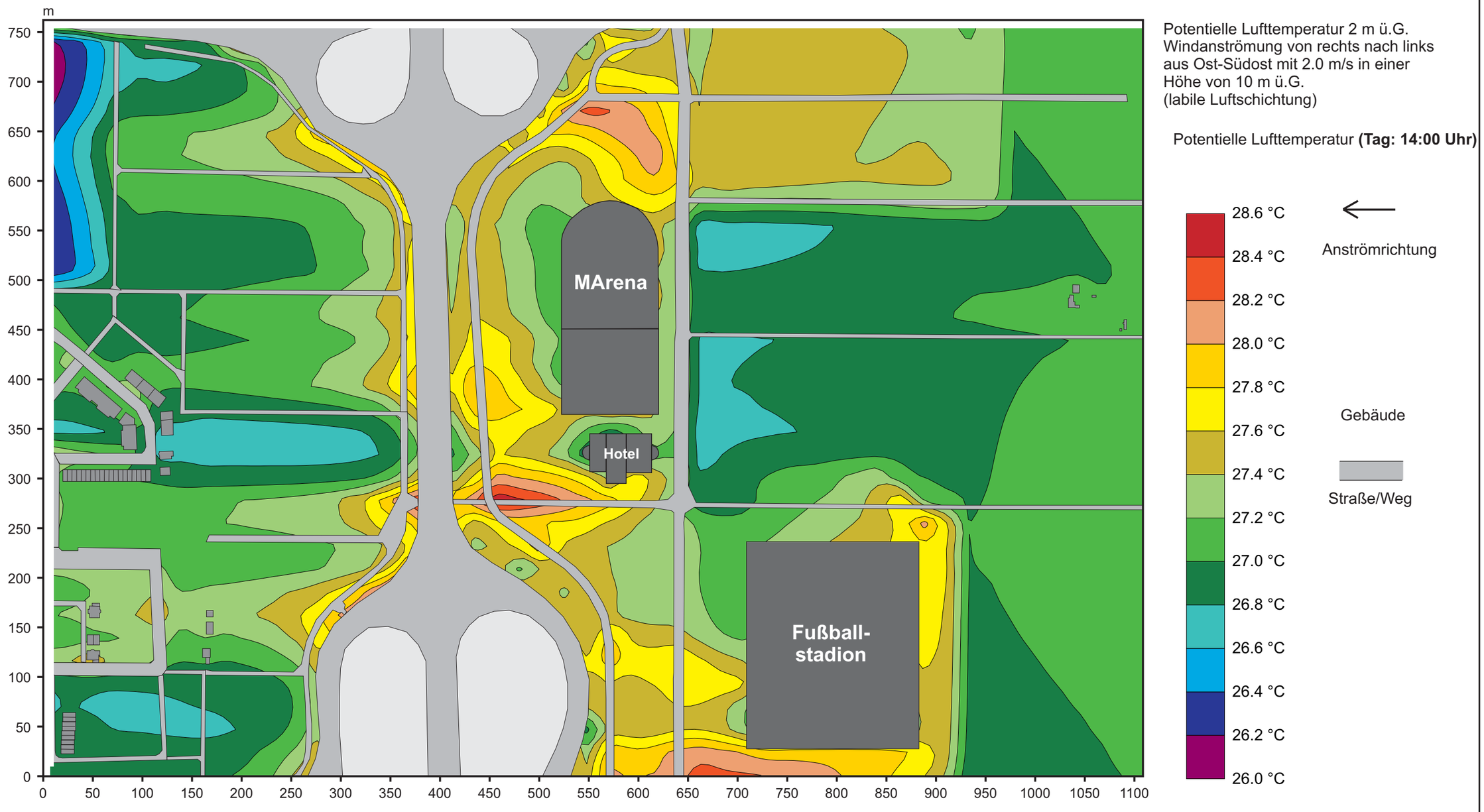
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 47 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

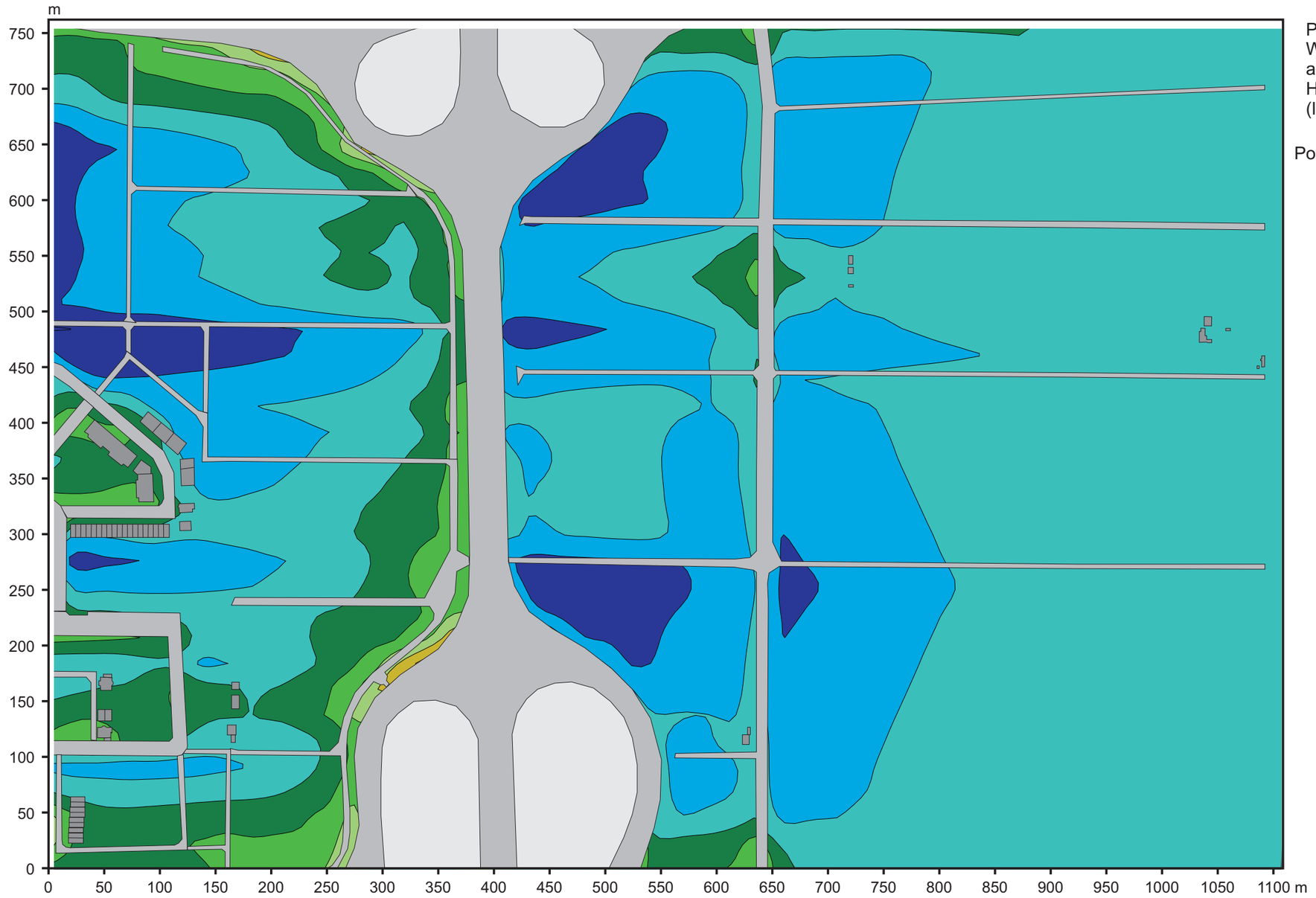
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 48 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Ist-Zustand



Potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 1.5 m/s in einer
Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Potentielle Lufttemperatur **(Nacht: 22:00 Uhr)**

18.4 °C
18.0 °C
17.6 °C
17.2 °C
16.8 °C
16.4 °C
16.0 °C
15.6 °C
15.2 °C
14.8 °C
14.4 °C
14.0 °C

Anströmrichtung

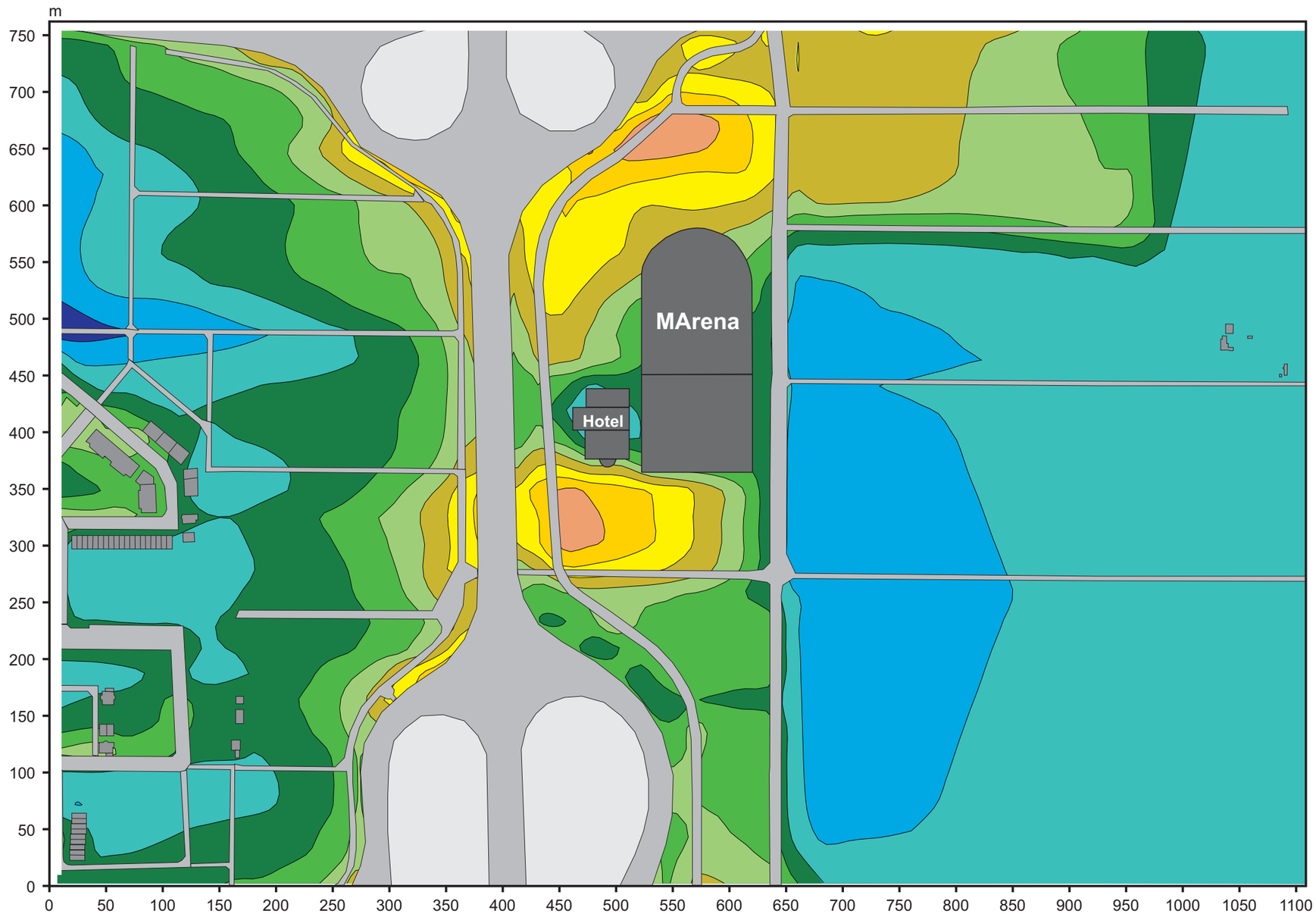
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 49 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - ohne Berücksichtigung eines Fußballstadions



Potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 1.5 m/s in einer
Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Potentielle Lufttemperatur **(Nacht: 22:00 Uhr)**

18.4 °C
18.0 °C
17.6 °C
17.2 °C
16.8 °C
16.4 °C
16.0 °C
15.6 °C
15.2 °C
14.8 °C
14.4 °C
14.0 °C

Anströmrichtung

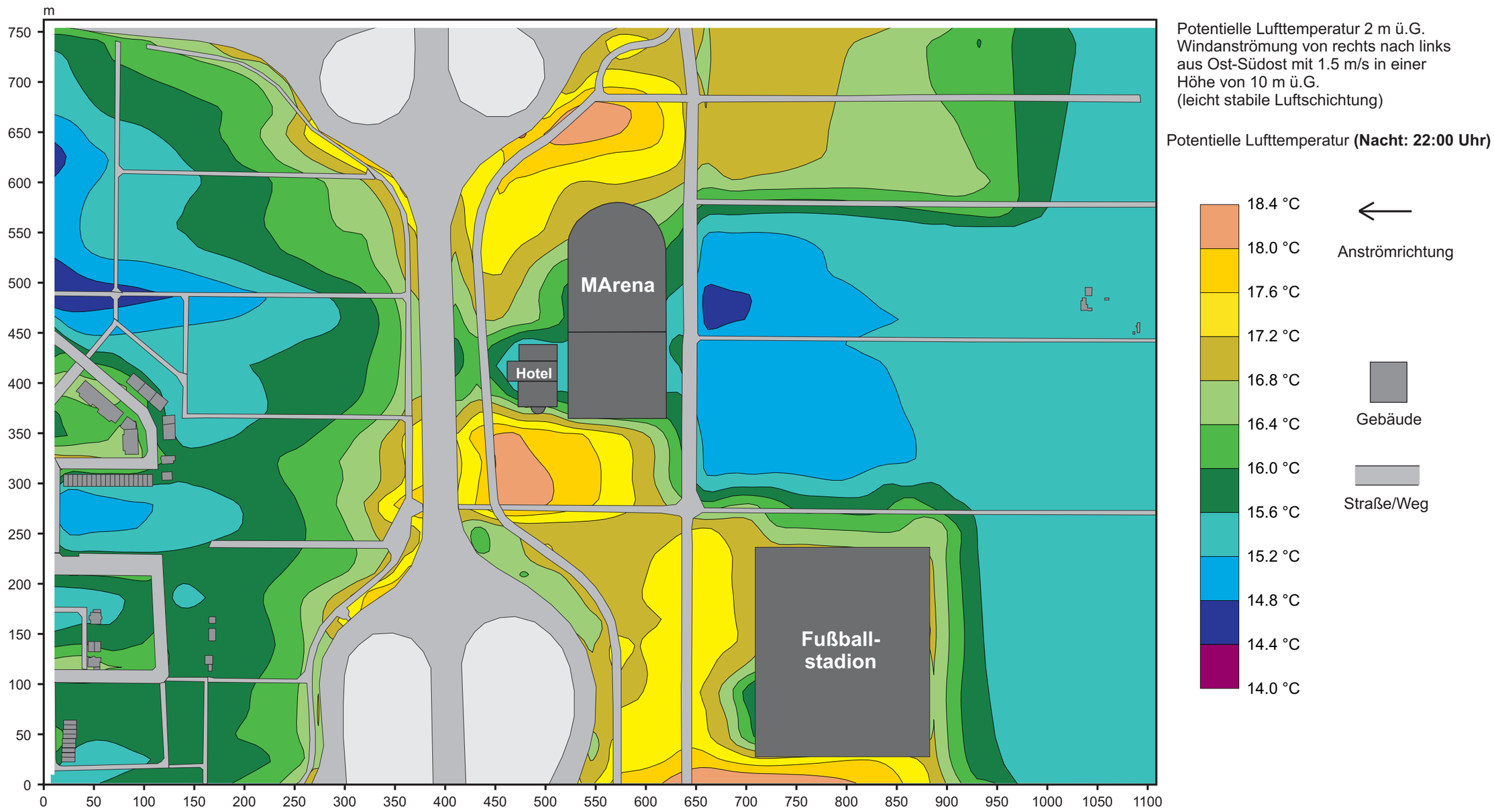
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 50 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

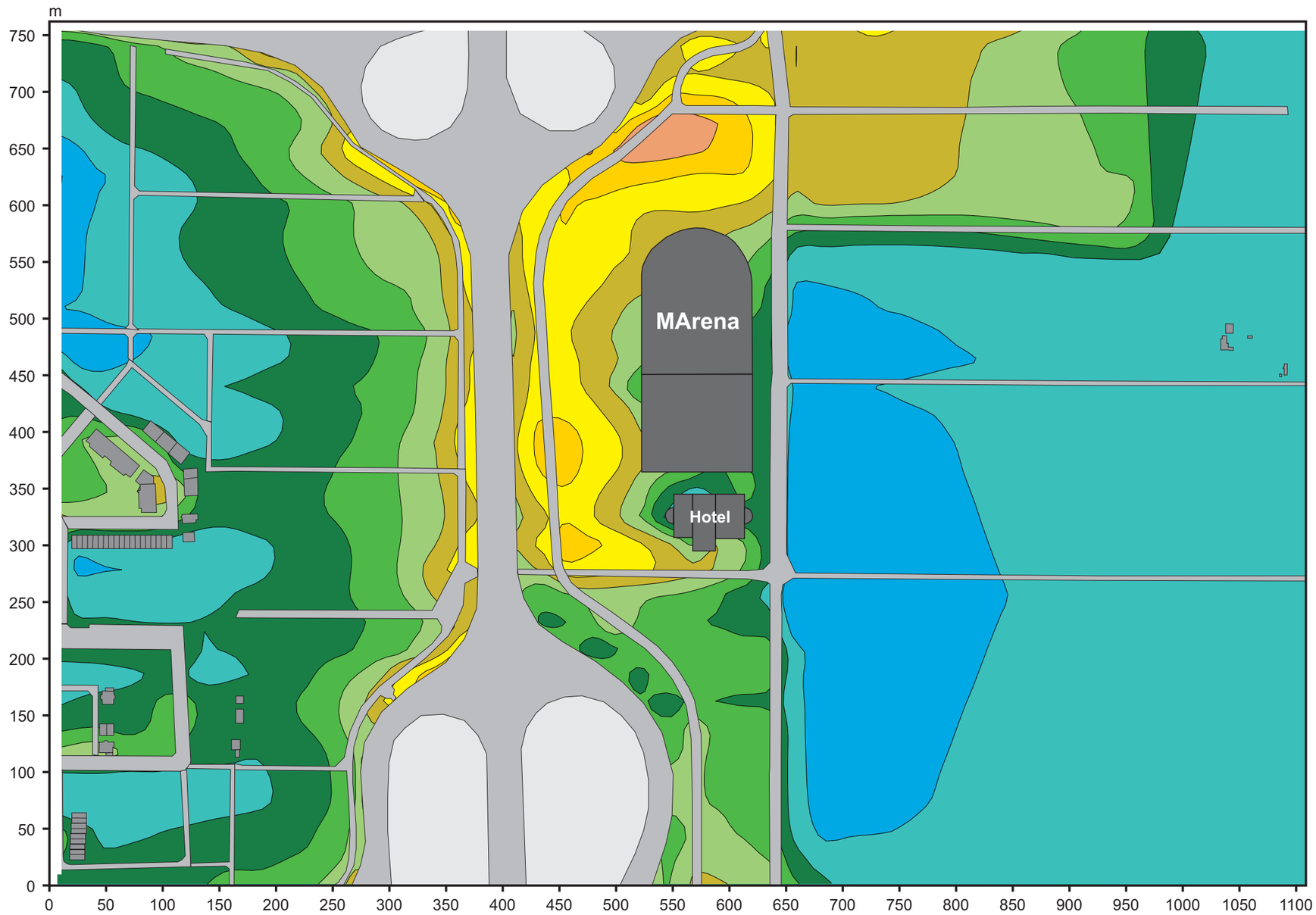
Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option B - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 51 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - ohne Berücksichtigung eines Fußballstadions



Potentielle Lufttemperatur 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Ost-Südost mit 1.5 m/s in einer
Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Potentielle Lufttemperatur **(Nacht: 22:00 Uhr)**

18.4 °C
18.0 °C
17.6 °C
17.2 °C
16.8 °C
16.4 °C
16.0 °C
15.6 °C
15.2 °C
14.8 °C
14.4 °C
14.0 °C

Anströmrichtung

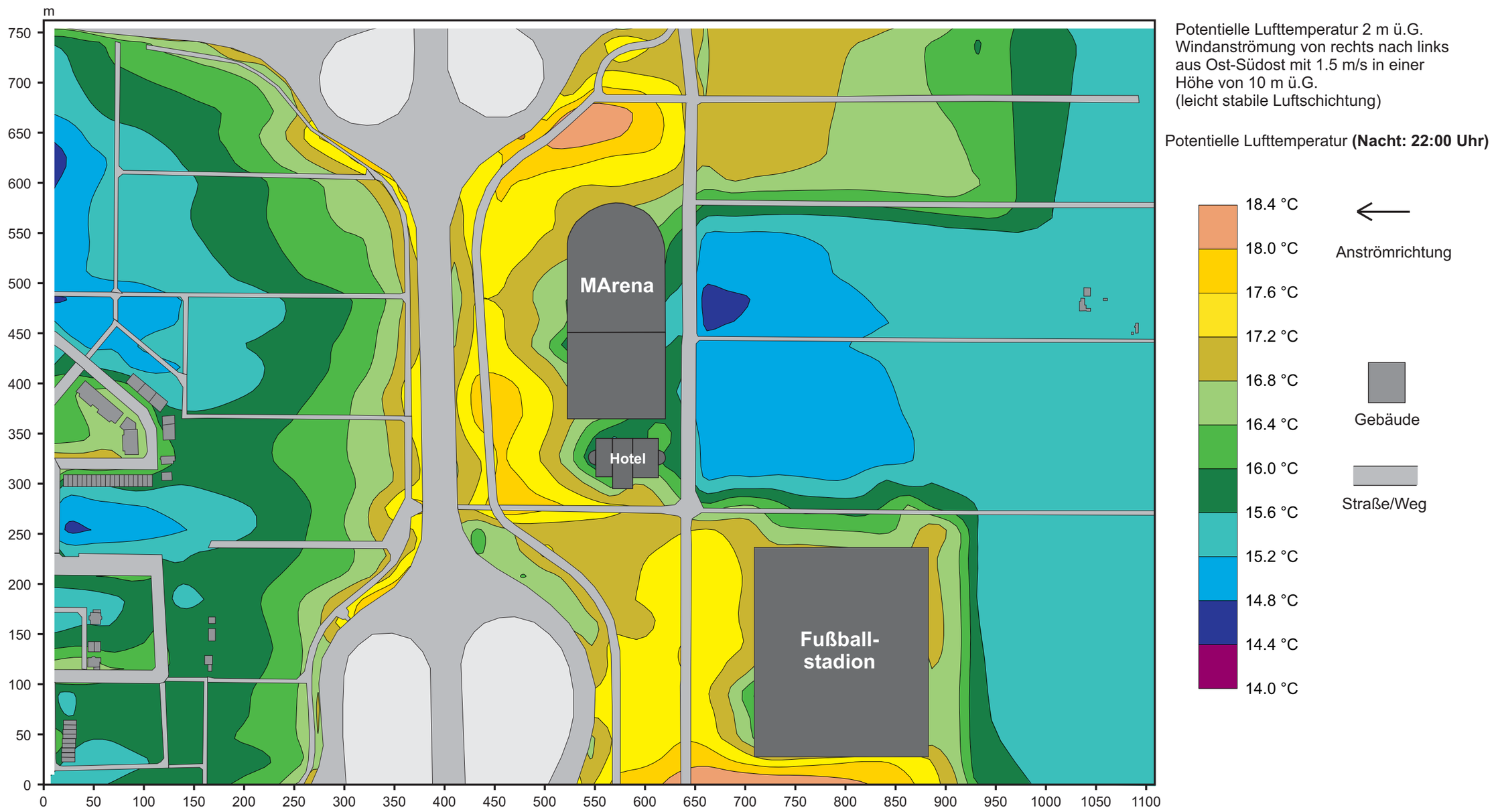
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 52 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Sportparks Bösfeld
Option C - mit Berücksichtigung eines geplanten Fußballstadions



ÖKOPLANA

ABB. 53 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

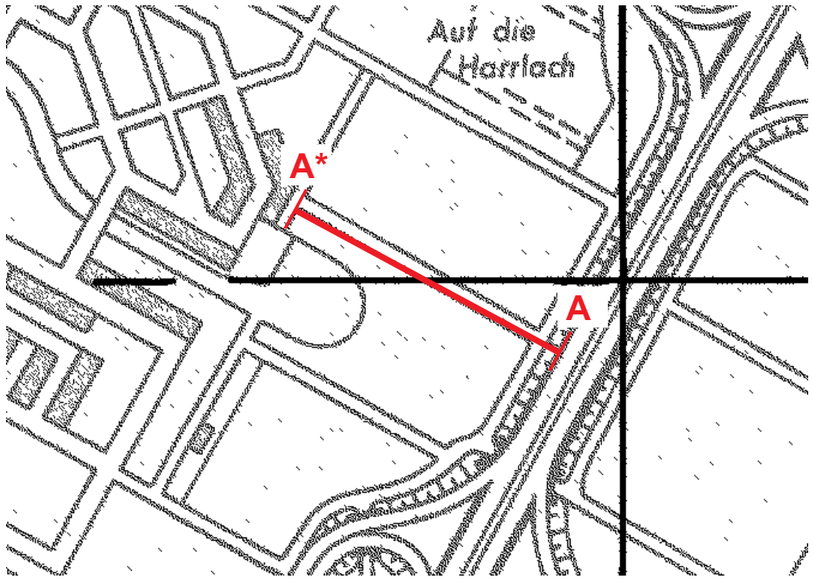
Profile der Immissionsbelastung

M.: 0 50 200 m

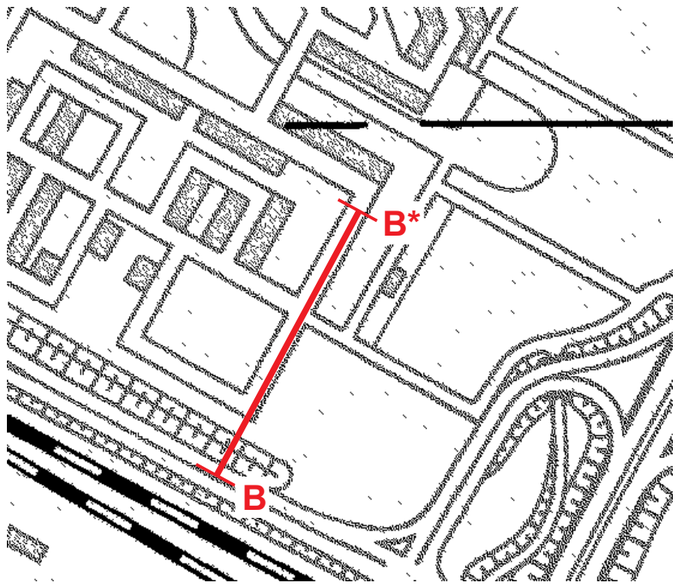
N

B 38a - Neuhermsheim

B 38a - Neuhermsheim



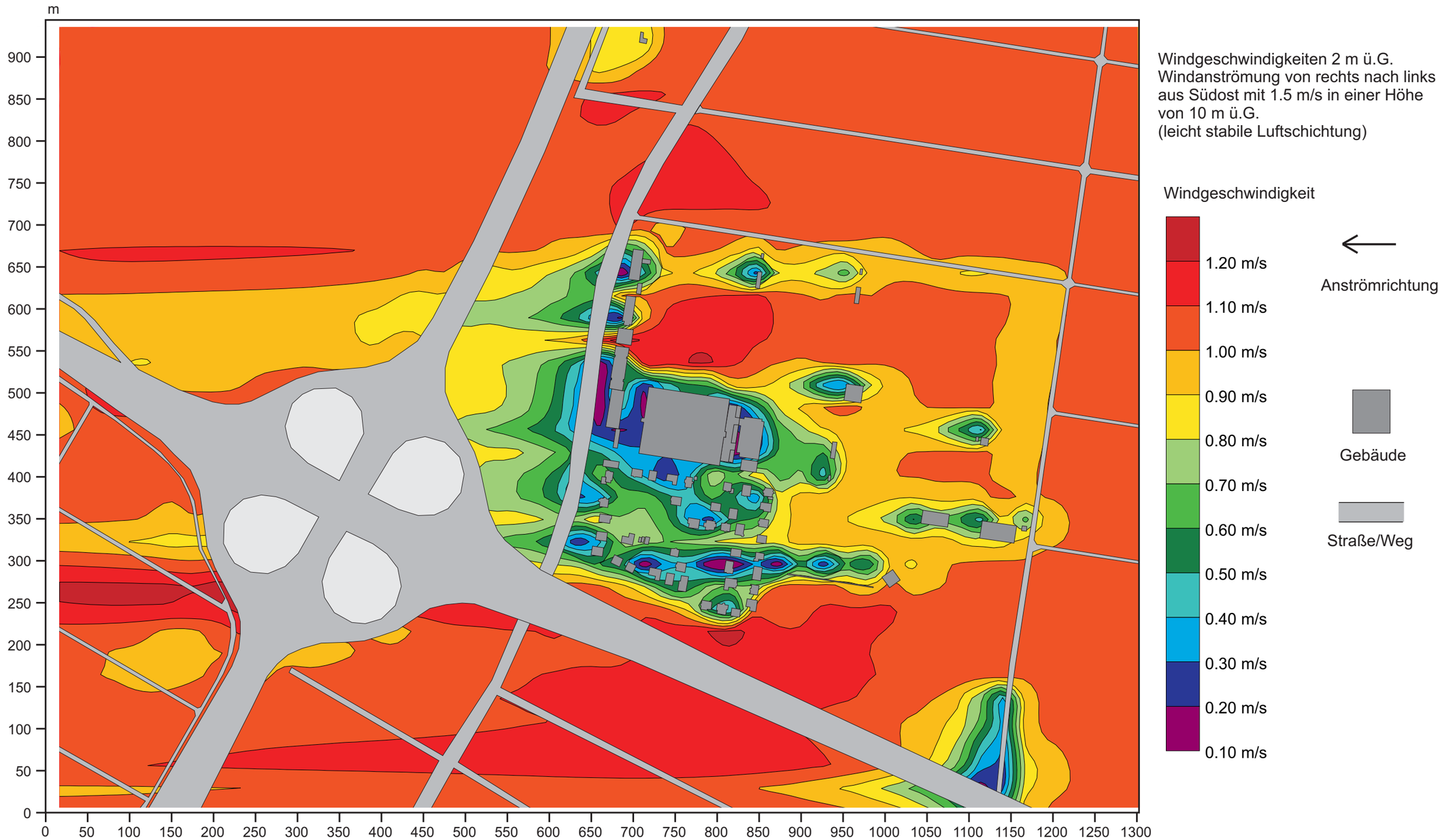
Ludwigshafener Straße - Neuhermsheim



ÖKOPLANA

ABB. 54 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

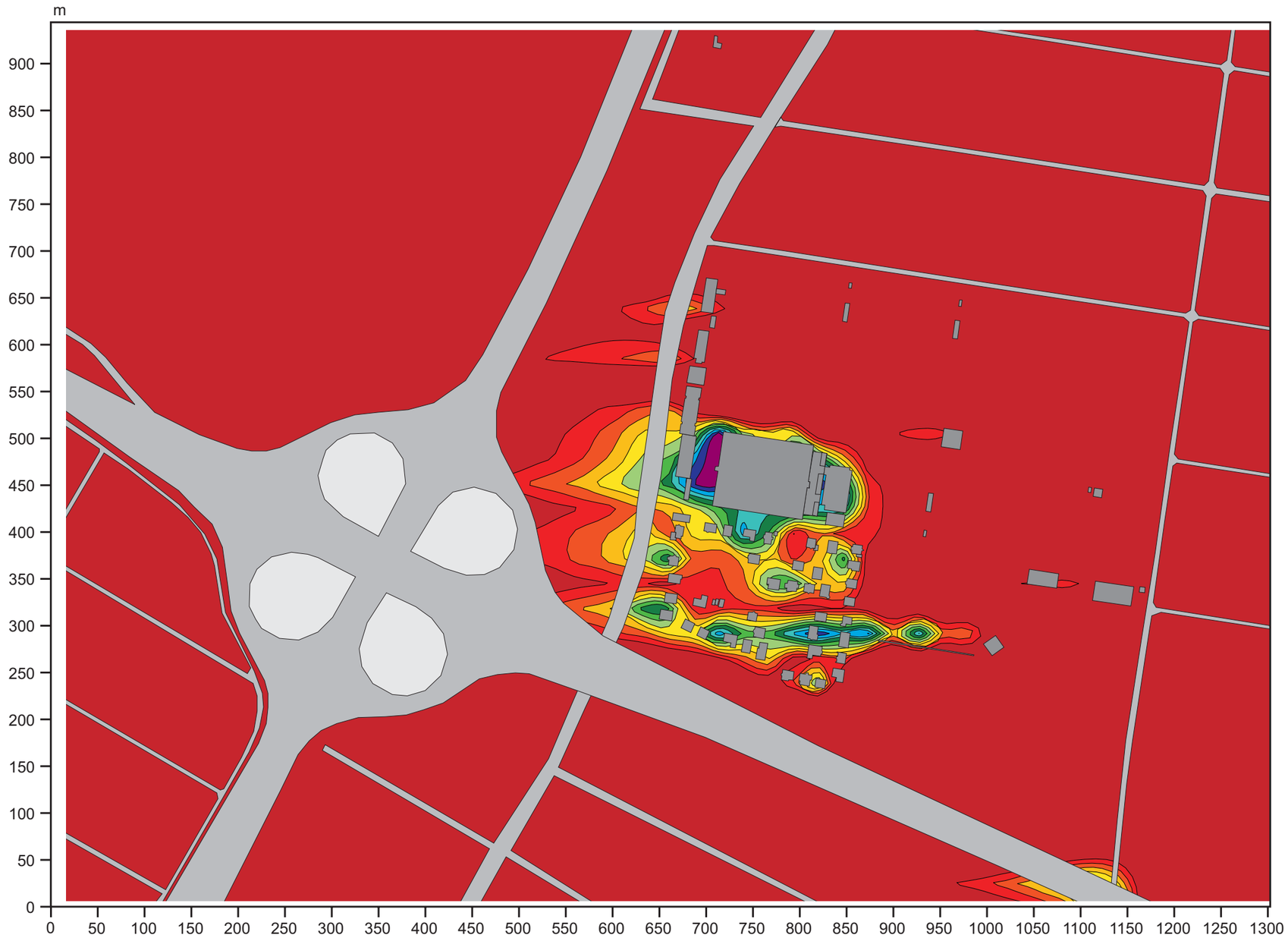
Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Ist-Zustand



ÖKOPLANA

ABB. 55 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Ist-Zustand



Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe
von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

1.20 m/s
1.10 m/s
1.00 m/s
0.90 m/s
0.80 m/s
0.70 m/s
0.60 m/s
0.50 m/s
0.40 m/s
0.30 m/s
0.20 m/s
0.10 m/s

Anströmrichtung

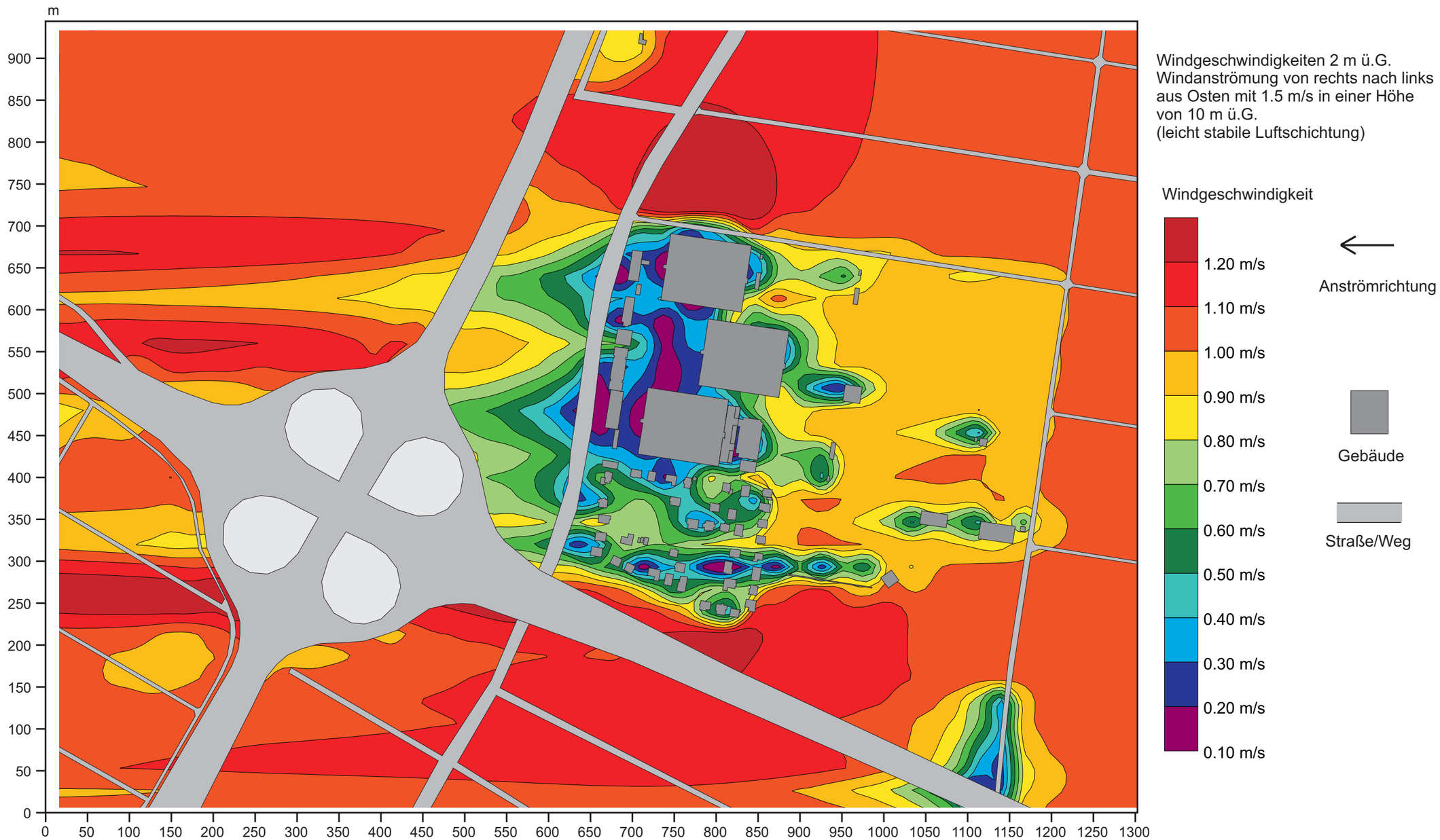
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 56 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

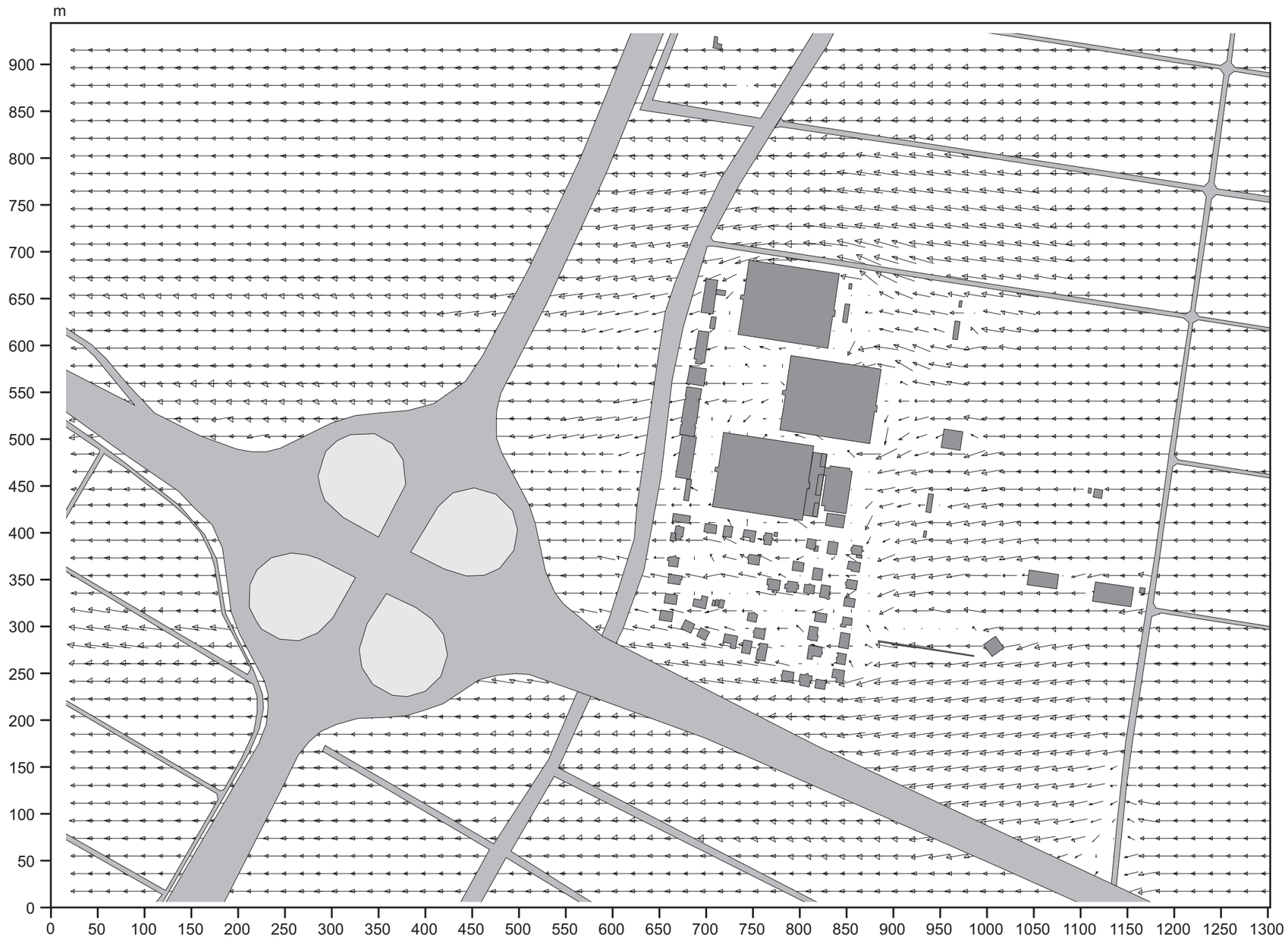
Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Plan-Zustand



ÖKOPLANA

ABB. 57 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Plan-Zustand



N

Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts nach links
aus Osten mit 1.5 m/s in einer Höhe
von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windvektoren

Anströmrichtung

Windgeschwindigkeit (5 m/s)

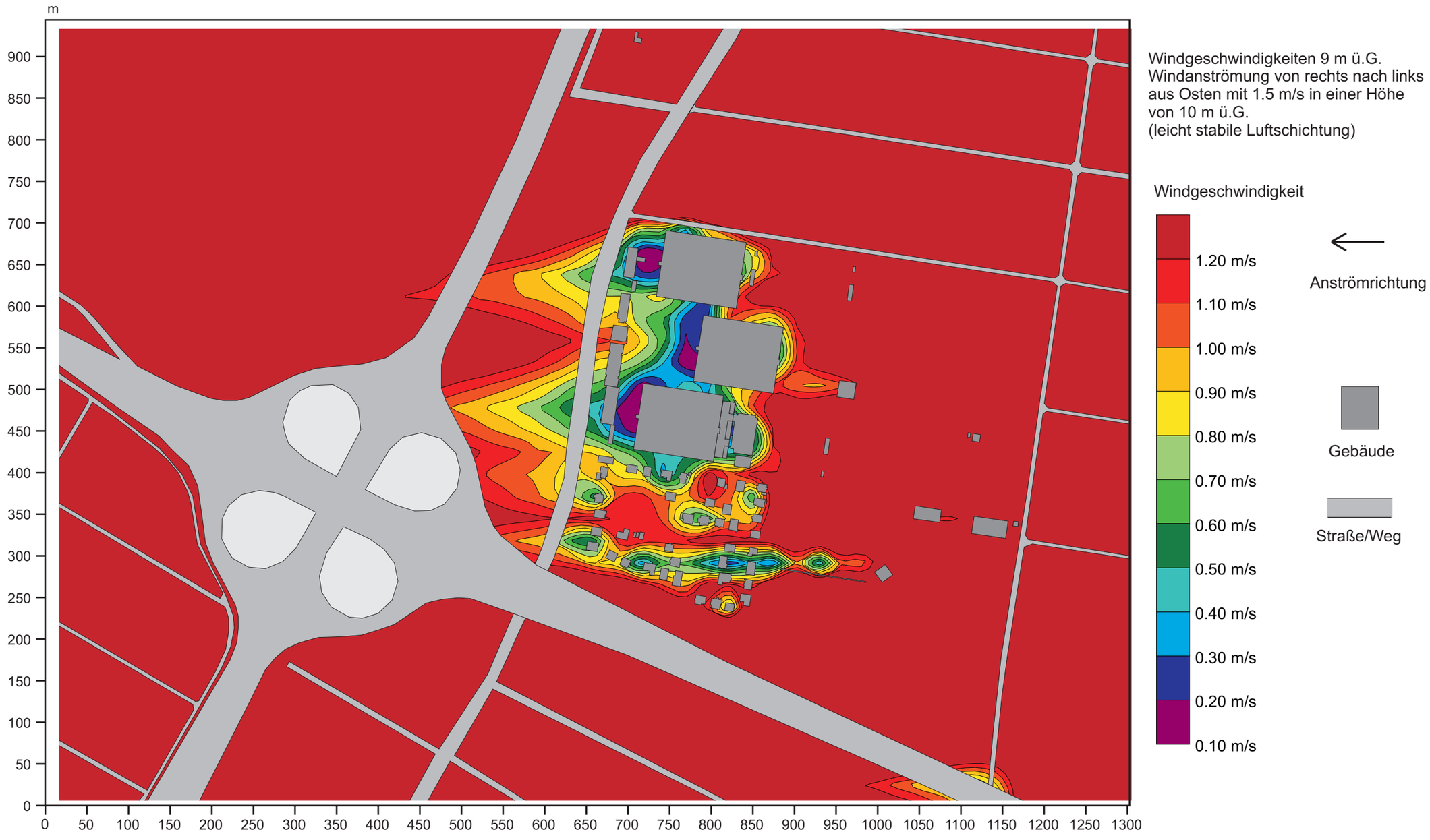
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 58 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Plan-Zustand

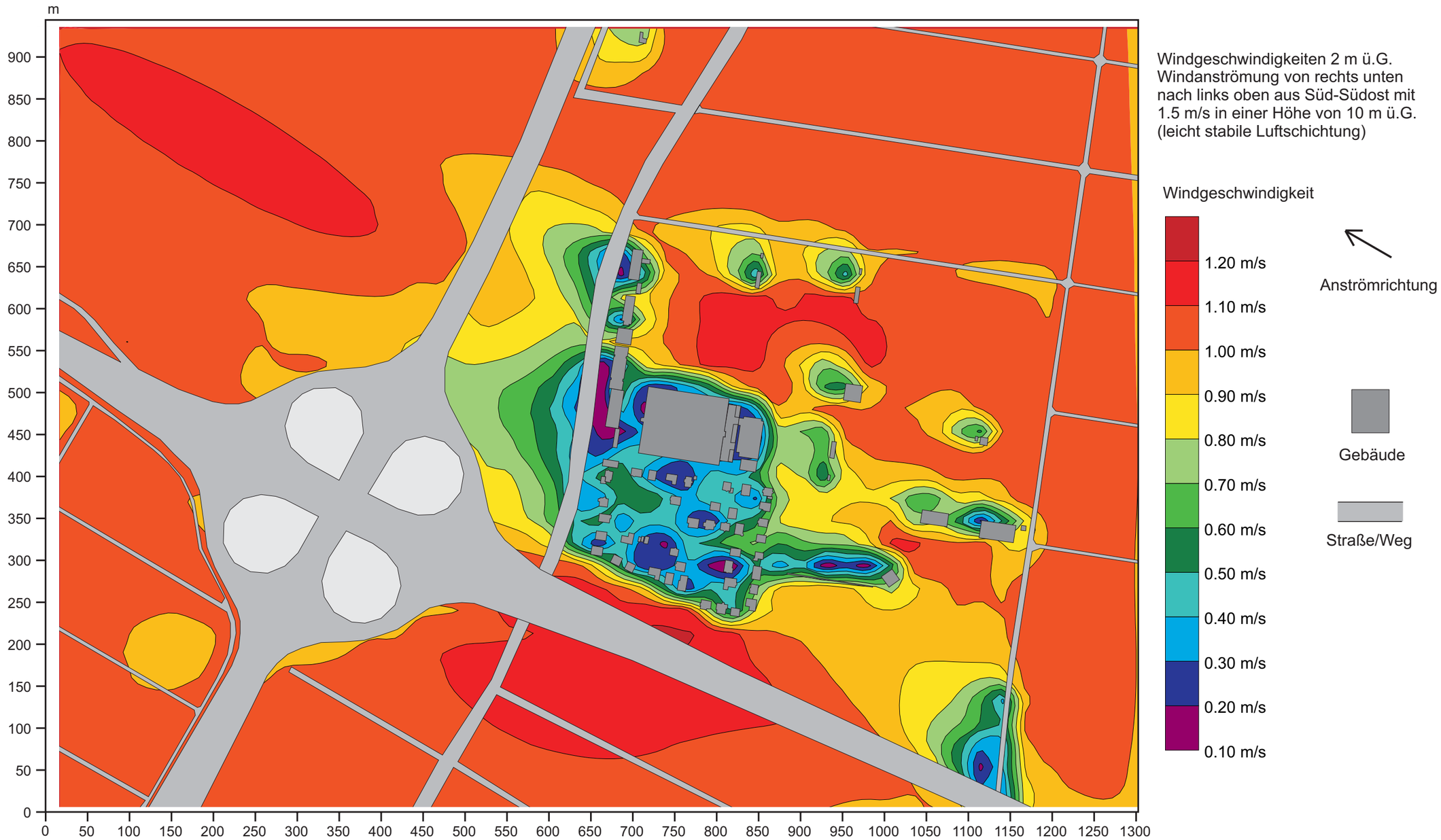


ÖKOPLANA

ABB. 59 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes

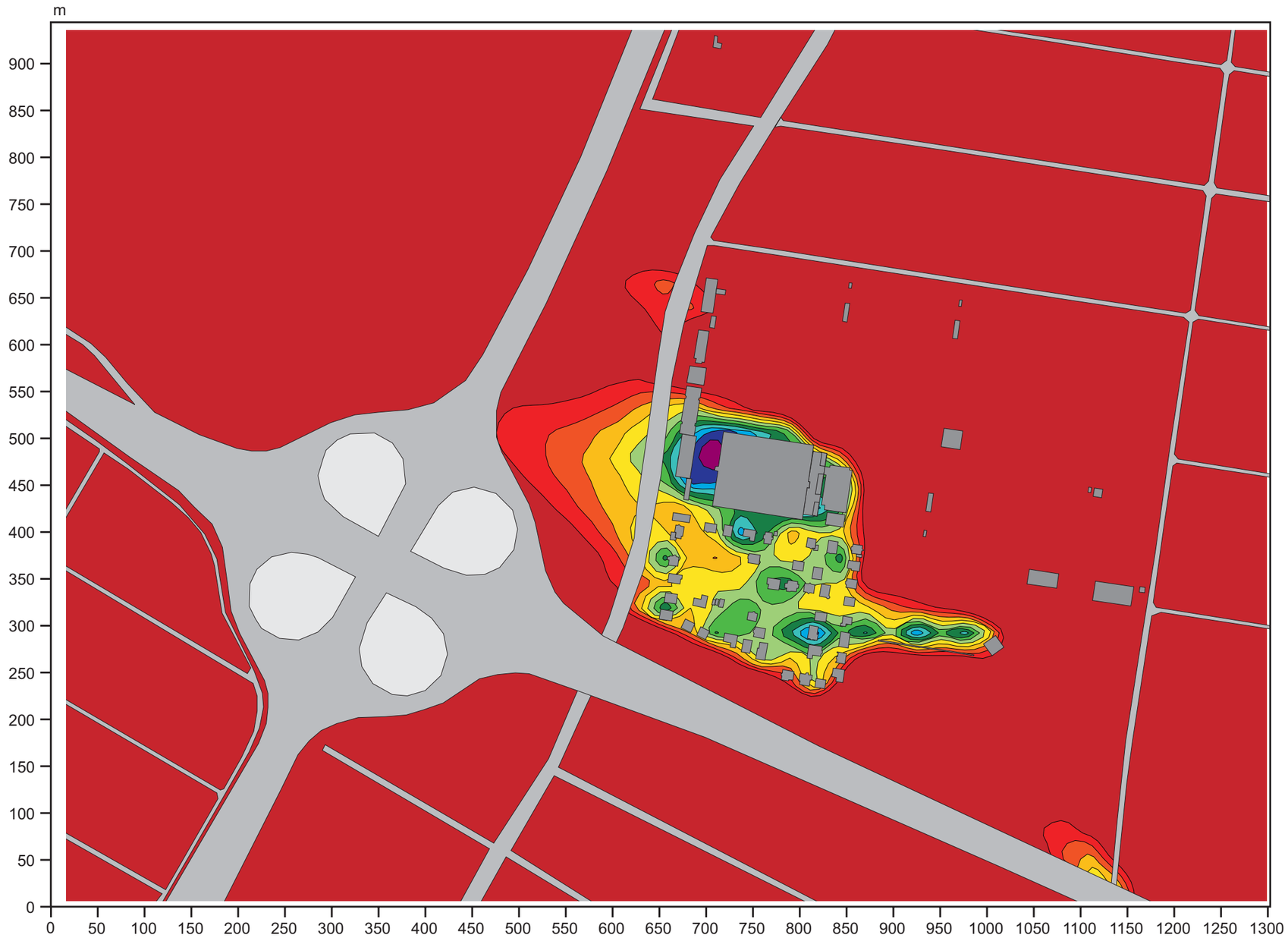
Ist-Zustand



ÖKOPLANA

ABB. 60 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Ist-Zustand



Windgeschwindigkeiten 9 m ü.G.
Windanströmung von rechts unten nach links oben aus Süd-Südost mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windgeschwindigkeit

- 1.20 m/s
- 1.10 m/s
- 1.00 m/s
- 0.90 m/s
- 0.80 m/s
- 0.70 m/s
- 0.60 m/s
- 0.50 m/s
- 0.40 m/s
- 0.30 m/s
- 0.20 m/s
- 0.10 m/s

Anströmrichtung

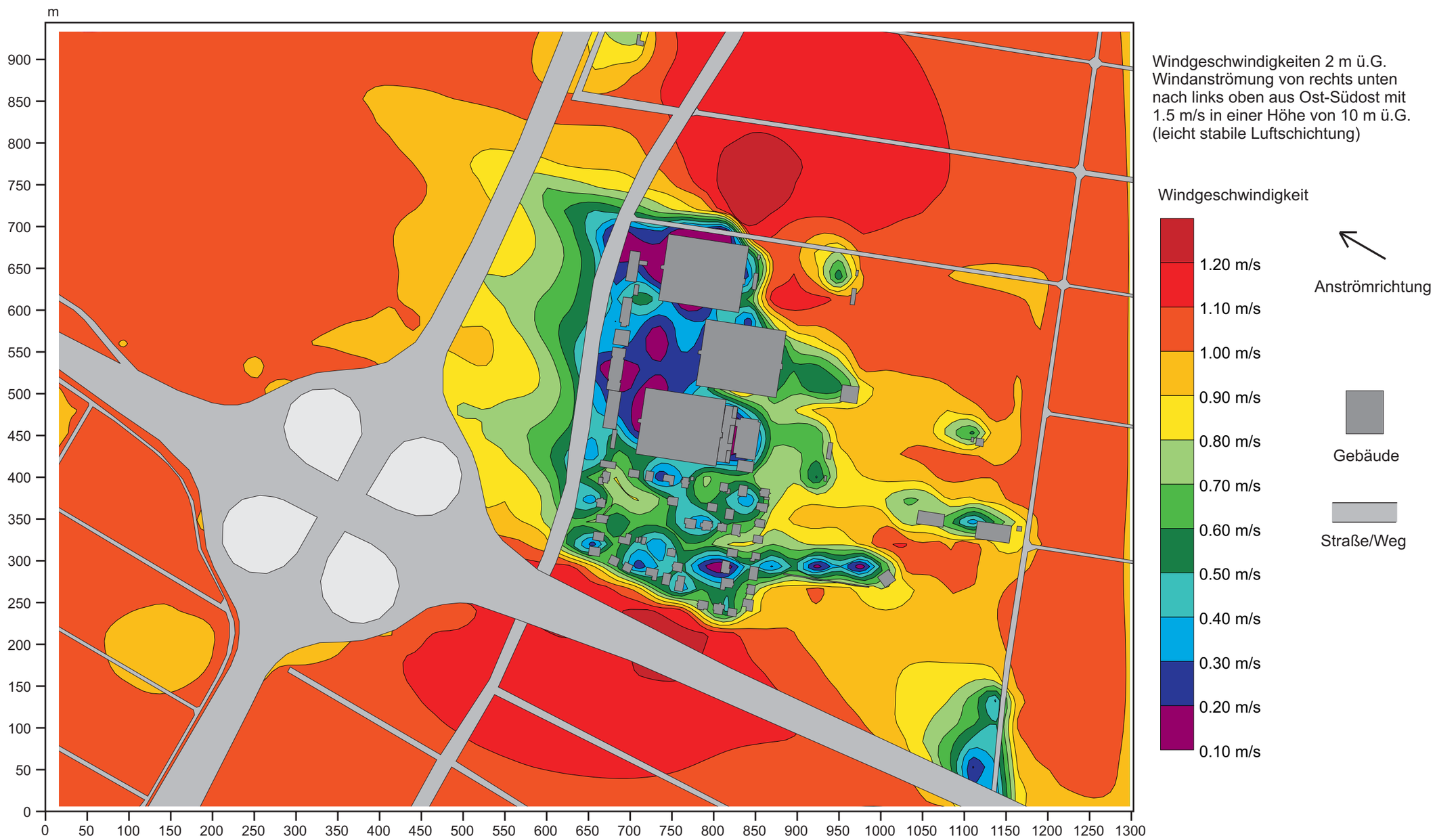
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 61 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

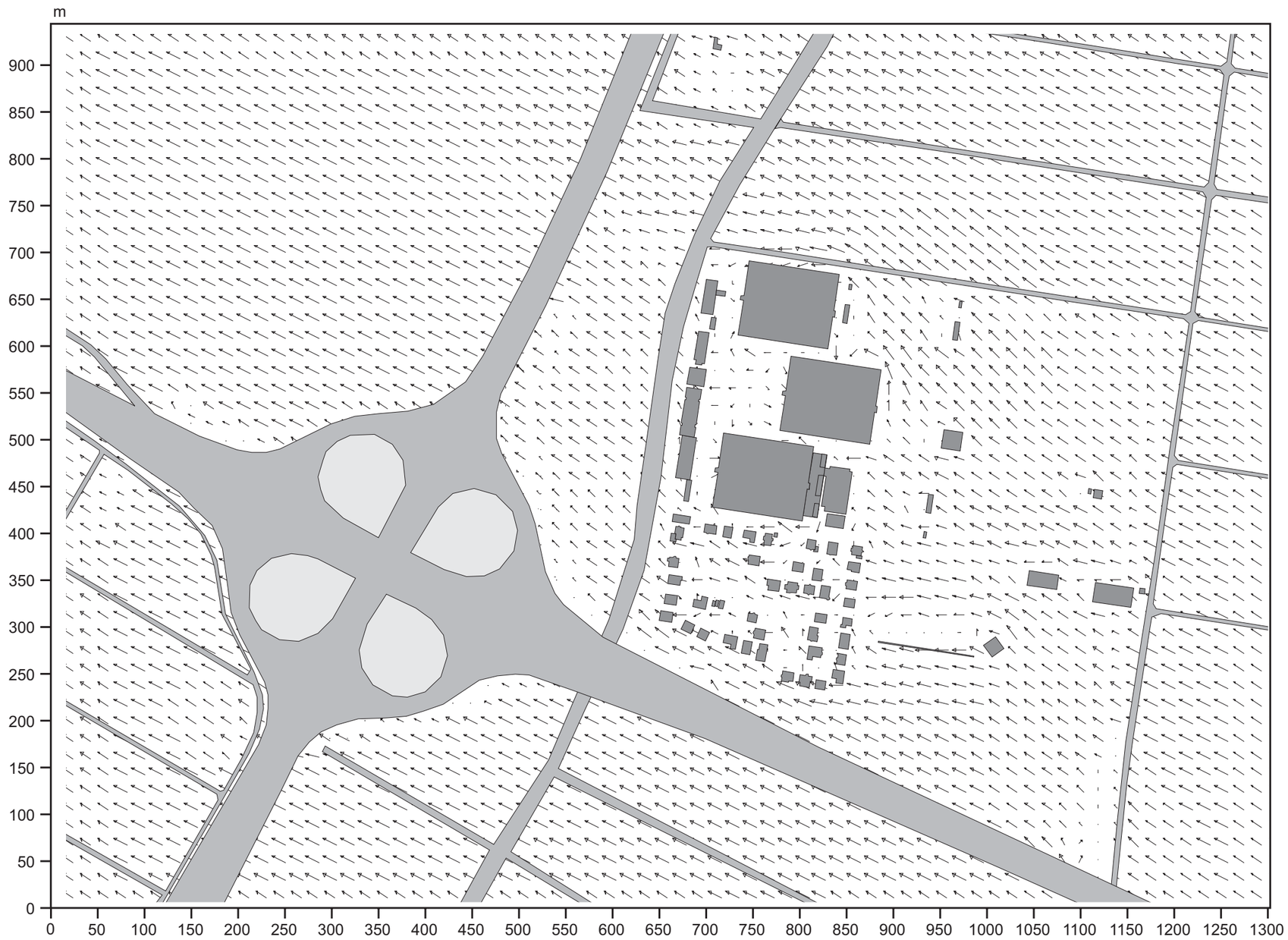
Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Plan-Zustand

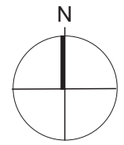


ÖKOPLANA

ABB. 62 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Plan-Zustand





Windgeschwindigkeiten 2 m ü.G.
Windanströmung von rechts unten nach links oben aus Ost-Südost mit 1.5 m/s in einer Höhe von 10 m ü.G.
(leicht stabile Luftschichtung)

Windvektoren

Anströmrichtung

Windgeschwindigkeit (5 m/s)

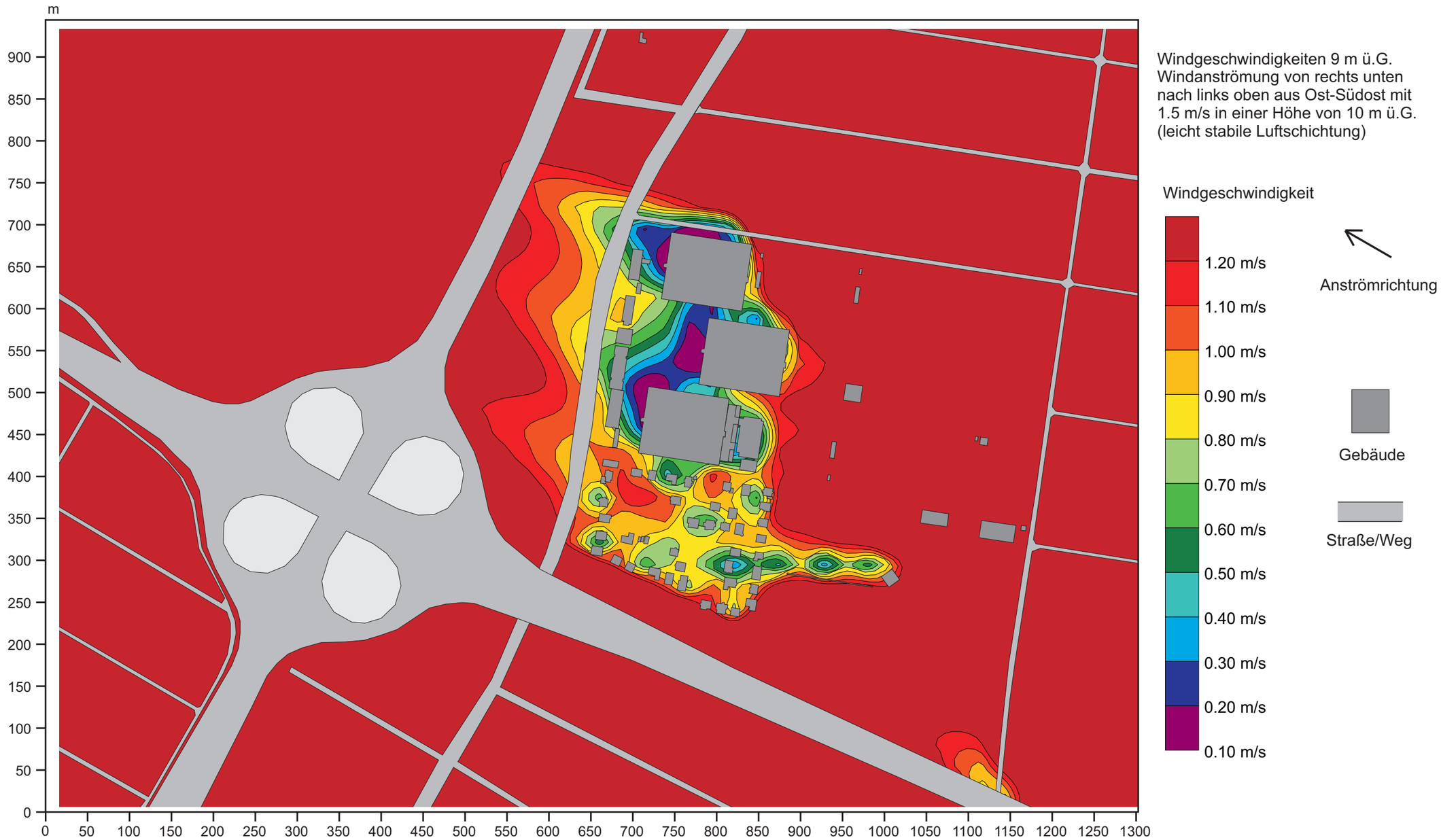
Gebäude

Straße/Weg

ÖKOPLANA

ABB. 63 KLIMASTUDIE MESSE-/SPORTPARK MANNHEIM

Modellrechnungen im Bereich des Maimarktgeländes
Plan-Zustand



ÖKOPLANA